

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

Sección Departamental de Astronomía y Geodesia



TESIS DOCTORAL

**Relaciones entre mareas y otros fenómenos geodinámicos: estudios en
la Península Ibérica y California**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Luis Miguelsanz del Álamo

Director

José Fernández Torres

Madrid, 2016

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE LA TIERRA, ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA-I
SECCIÓN DEPARTAMENTAL DE ASTRONOMÍA Y GEODESIA**



Relaciones entre mareas y otros fenómenos geodinámicos: Estudios en la Península Ibérica y California

TESIS DOCTORAL

Luis Miguelsanz del Álamo

Director: José Fernández Torres



**INSTITUTO DE GEOCIENCIAS (IGEO)
(CSIC-UCM)**

Consejo superior de Investigaciones Científicas y
Universidad Complutense de Madrid



Madrid 2015



Universidad Complutense de Madrid

Facultad de Ciencias Matemáticas

Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica - I

Sección Departamental de Astronomía y Geodesia

**RELACIONES ENTRE MAREAS Y OTROS FENÓMENOS
GEODINÁMICOS: ESTUDIOS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA Y
CALIFORNIA**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR PRESENTADA POR

Luis Miguelsanz del Álamo

Bajo la dirección del Doctor

José Fernández Torres

Investigador Científico del CSIC.

Instituto de Geociencias (CSIC-UCM)



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



Madrid 2015

Agradecimientos

Quiero aprovechar estas líneas para expresarle mi más sincero agradecimiento a José Fernández Torres, sin cuya guía y dedicación este trabajo no habría sido posible.

Agradezco también a los miembros de la Sección Departamental de Astronomía y Geodesia de la Facultad de Ciencias Matemáticas (UCM), el extinto Instituto de Astronomía y Geodesia (CSIC-UCM), así como a los del Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), el apoyo recibido durante todos estos años. Imposible citarlos a todos, pero muy especialmente le agradezco al Dr. Antonio G. Camacho su apoyo y ayuda en secciones muy importantes de este trabajo.

También debo un reconocimiento especial a los doctores Manel Fernández (Instituto de Ciencias de la Tierra “Jaume Almera”, CSIC, Barcelona) y Kristy F. Tiampo (Department of Earth Sciences, Western University, Canada, actualmente en el Department of Geological Sciences, CIRES, University of Colorado at Boulder, USA) por su colaboración en los trabajos de investigación sobre los que se ha construido esta memoria, al Dr. Tomas Fischer (Geophysical Institute, Academy of Sciences of Czech Republic) por proporcionarnos códigos de programación muy útiles, al Dr. B. Ducarme (Observatoire Royal de Belgique) por permitirnos usar los bancos de datos del ICET, al Dr. Pablo J. González (COMET, Institute of Geophysics and Tectonics, University of Leeds, UK) por sus consejos y su ayuda con los recursos informáticos, y a la Dra. J. Taggart (Berkeley Seismological Laboratory, University of California) por sus

explicaciones sobre los datos obtenidos gracias a la red sísmica Northern California Seismic Network.

Los trabajos referidos en esta memoria se han realizado en el contexto de CEI Campus Moncloa (UCM-UPM, CSIC) y de, entre otros, los siguientes proyectos de investigación: REN2002-03450, CGL2005-05500-C02, REN2001-3868-C03-02/MAR, REN2002-11230-E-MAR, DGIMCT HP2001-0081, TopoIberia Consolider-Ingenio 2010 nº CSD 2006-00041, GEOSIR (AYA2010-17448) y AQUARISK (ESP2013-47780-C2-1-R).

Por último, deseo transmitirle mi gratitud a mi familia, cuyo apoyo y comprensión han sido fundamentales durante estos años.

Índice

	<u>Página</u>
Resumen.	7
Abstract.	9
Introducción y Objetivos.	11
CAPÍTULO 1. Marea Terrestre y Marea Oceánica.	19
1.1 Potencial de la marea.	19
1.2 Marea del geoide.	26
1.3 Análisis de la marea.	29
1.4 Marea terrestre.	37
1.4.1 Modelos SNREI.	37
1.4.2 Números de Love y Shida.	37
1.4.3 Modelo de Wahr.	41
1.4.4 Modelo Wahr-Dehant-Zschau.	41
1.4.5 Modelo Dehant-Defraigne-Wahr.	46
1.5 Marea Oceánica.	50
1.5.1 Análisis armónico.	50
1.5.2 Análisis de respuesta.	51
1.5.3 Efecto oceánico indirecto.	55
1.5.3.1 Cálculo de los números de Love de carga.	56
1.5.3.2 Cálculo de las funciones de Green.	58
1.5.3.3 Cálculo del efecto de carga oceánica de marea.	62
1.5.4 Modelos de marea oceánica.	63
CAPÍTULO 2. Interpretación del Residuo de Marea Gravimétrica.	65
2.1 Introducción.	65

2.2 Datos.	71
2.2.1 Parámetros estructurales.	71
2.2.2 Residuo de marea.	76
2.3 Estudio de las componentes señal y ruido presentes en los datos geofísicos.	78
2.4 Resultados.	87
2.5 Discusión y conclusiones.	89
 CAPÍTULO 3. Relación entre Mareas y Terremotos.	 95
3.1 Introducción.	95
3.1.1 Sismicidad.	95
3.1.2 Sismicidad y mareas.	100
3.1.3 Esfuerzo y deformación.	105
3.2 Metodología.	109
3.2.1 Cálculo de esfuerzos.	109
3.2.2 Datos sísmicos.	114
3.2.3 Ángulo de fase del esfuerzo de marea.	119
3.3 Resultados.	123
3.4 Discusión y conclusiones.	142
 CONCLUSIONES.	 147
 Referencias.	 153
 APÉNDICES.	 171
A. Series de Legendre.	173
B. Factores de calidad y calibraciones.	177
C. Método de Skalský de cálculo de deformaciones lineales de marea.	179
D. Programas de cálculo.	185
E. Catálogo de terremotos de California utilizado en el estudio.	237

Resumen

En el ámbito de la investigación sobre Mareas, existen controversias que han dado lugar a extensos debates científicos y a la publicación de resultados contradictorios. Dos de estas discusiones, ampliamente conocidas, son la interpretación geofísica de los residuos finales de marea gravimétrica y la existencia o no de correlación entre las mareas y la ocurrencia de terremotos. El objetivo fundamental de esta tesis doctoral es realizar aportaciones a ambos aspectos de forma significativa y relevante.

Si a las amplitudes y desfases de las componentes armónicas del potencial de mareas obtenidas a partir de datos de observación les restamos la parte correspondiente al modelo teórico de marea sólida y también la parte correspondiente al efecto oceánico, obtenemos un vector residuo final de marea cuya interpretación es un asunto muy debatido en Geodesia. Mientras que algunos autores sugieren que los residuos finales están relacionados con posibles errores instrumentales y de medida o con errores en la evaluación de los cálculos de la carga oceánica, otros proponen ciertas relaciones empíricas entre estos residuos finales de marea gravimétrica y parámetros que implican variaciones estructurales con respecto a un modelo de Tierra elástico homogéneo, como el flujo térmico o la edad tectonotérmica de la litosfera.

Puesto que la componente coseno del vector residuo final de marea es la que refleja esa heterogeneidad que distingue a la Tierra real del modelo considerado, el primer objetivo principal de esta tesis es la realización de un estudio de correlaciones en la Península Ibérica entre la mencionada componente coseno del vector residuo final

(calculado para las ondas M_2 y O_1 del potencial de mareas, por ser las ondas fundamentales y también las que están mejor determinadas para las estaciones de marea gravimétrica de la Península Ibérica) y diferentes parámetros estructurales. Los resultados obtenidos para los distintos modelos de marea oceánica considerados no demuestran la existencia de correlaciones estadísticamente significativas entre los residuos de marea y parámetros estructurales tales como el flujo térmico, la resistencia de la litosfera, la temperatura de Moho y la edad tectonotérmica de la litosfera. De hecho, al rechazar los datos de peor calidad y utilizar los modelos oceánicos más precisos y más ajustados a la Península Ibérica, la correlación desaparece por completo, lo que demuestra que estos residuos finales son fundamentalmente ruido.

El otro de los objetivos principales de esta tesis es intentar encontrar correlaciones estadísticamente significativas entre los esfuerzos de marea y los terremotos. Dado que los esfuerzos de marea se superponen continuamente a los esfuerzos tectónicos de lento incremento, ha habido numerosos estudios sobre posibles relaciones entre la marea y la ocurrencia de terremotos, con resultados a menudo contradictorios entre sí. Las componentes del esfuerzo de marea que más significativamente afectan al movimiento de una falla son el esfuerzo normal al plano de falla y el esfuerzo de cizalla en la dirección del deslizamiento de la falla, por lo que la combinación de ambas componentes llamada Transferencia de Esfuerzo de Coulomb de Marea (en inglés, Tidal Coulomb Failure Stress, TCFS) se ha utilizado como parámetro de estudio en este trabajo, en el que se han utilizado técnicas estadísticas como el test de Schuster o el test binomial. Es muy importante, además, utilizar catálogos de terremotos que realmente estén formados por elementos independientes (es decir, que no contengan réplicas ni premonitores), y que verifiquen ciertos criterios de homogeneidad y calidad de los datos.

La ausencia de un catálogo sísmico que incluya la descripción de los mecanismos de falla en un número significativo de eventos ocurridos en la Península Ibérica planteó la necesidad de desarrollar esta parte de la investigación partiendo de otra fuente, seleccionando finalmente los catálogos sísmicos de California, Estados Unidos. Las correlaciones que se han encontrado entre valores máximos de TCFS y los tiempos de ocurrencia de los terremotos para distintos tipos de falla son estadísticamente significativas y no se habían detectado previamente en California. Estas correlaciones resultan consistentes con análisis de otros investigadores que identificaban los tipos de falla más propensos a ser afectados por el esfuerzo de marea según un estudio global del signo de TCFS.

Abstract

In the sphere of the investigation of Tides, there are some controversies that have given rise to extensive scientific debates and the publishing of contradictory results. Two of these discussions, widely known, are the geophysical interpretation of tidal gravity final residuals, and the existence (or not) of correlation between tides and the occurrence of earthquakes. The ultimate goal of this PhD. thesis is making a contribution to both issues in a relevant and significant way.

If amplitudes and phase-lags of the harmonic components of the tide potential evaluated for the body tide Earth model and the computed oceanic effect are subtracted from amplitudes and phase-lags obtained from observed data, a final residual tidal vector is obtained whose interpretation is an issue of high debate in geodesy. Whereas some authors suggest that final residuals are related to possible instrumental and measurement errors or to errors in the evaluation of the oceanic load computations, others propose certain empirical relationships between these gravity tidal residuals and parameters implying structural variations with respect to a homogeneous elastic Earth model, such as the heat flow or the tectonothermal age of the lithosphere.

As the cosine component of the tidal final residual vector is the one reflecting the heterogeneity that distinguishes the real Earth from the model considered, the first main goal of this thesis is a correlation study set in the Iberian Peninsula between the aforementioned cosine component of the tidal final residual (calculated for the M_2 and O_1

waves of the tide potential, because these are the fundamental tidal waves and the ones which are better determined for the gravity tide stations in the Peninsula Iberica) and different structural parameters. The results obtained for the different ocean tide models considered do not prove the existence of statistically significant correlations between the tidal residuals and structural parameters such as heat flow, lithospheric strength, Moho temperature and tectonothermal age of the lithosphere. In fact, rejecting worse quality data and using the most precise and best-fitted to the Peninsula Iberica ocean models makes the correlation to disappear completely, which proves that these final residuals are composed mostly of noise.

The other main goal of this thesis is trying to find statistically significant correlations between tidal stress and earthquakes. As tidal stresses are superimposed on the slower incremental tectonic stresses, there has been a good deal of research about possible relationships between tides and the occurrence of earthquakes, showing contradictory results often. Tidal stress components most significantly affecting the movement of a fault are tidal normal stress and tidal shear stress in the fault slip direction, so the combination of both components called Tidal Coulomb Failure Stress (TCFS) has been used as study parameter in this work, in which statistical techniques such as the Schuster test or the binomial test have been used. It is also very important using earthquake catalogs truly composed of independent events (in the sense of not containing aftershocks or foreshocks), and satisfying certain homogeneity and data quality criteria.

The lack of an earthquake catalog provided with the description of fault mechanisms in a significant number of events occurred in the Iberian Peninsula raised the necessity of developing this part of the research starting from another source, ultimately choosing earthquake catalogs from California, U.S.A. The correlations found between the maximum values of TCFS and the occurrence times of the earthquakes for different faulting types are statistically significant and had not been previously detected in California. These correlations are consistent with analysis by other researchers that identified the types of fault more prone to be affected by tidal stress according to a global study of the sign of TCFS.

Introducción y Objetivos.

Las fuerzas derivadas del potencial astronómico de marea producen tanto movimientos del mar (mareas oceánicas) como deformaciones de la Tierra sólida a las que llamamos mareas terrestres (Jentzsch, 1997). En el ámbito de la investigación sobre mareas, existen controversias que han dado lugar a extensos debates científicos y a la publicación de resultados contradictorios. Dos de estas discusiones, ampliamente conocidas, son la interpretación geofísica de los residuos finales de marea gravimétrica y la existencia o no de correlación entre las mareas y la ocurrencia de terremotos. El objetivo fundamental de esta tesis doctoral es realizar aportaciones a ambos aspectos de forma significativa y relevante.

Puesto que las mareas son fenómenos de carácter oscilatorio, sus variaciones se pueden descomponer, para cada periodo considerado, en oscilaciones sinusoidales que se describen matemáticamente en función de una amplitud y una frecuencia, es decir (Pugh, 1996):

$$U = A\cos(\omega t + \varphi), \quad [0.1]$$

donde U es el valor de la componente de marea considerada (gravedad, inclinación, etc.) en el instante de tiempo t , A es la amplitud de la oscilación, ω es la velocidad angular y φ es un desfase con respecto al tiempo cero que se haya definido. La velocidad angular ω (radianes por unidad de tiempo) se relaciona con el periodo de marea T estudiado (diurno, semidiurno, etc.) mediante la expresión

$$T = \frac{2\pi}{\omega}. \quad [0.2]$$

Por tanto, las variaciones de gravedad que detectan los gravímetros para cada frecuencia se pueden identificar gráficamente como un vector \mathbf{A} de marea observada (ver Figura 0.1), de coordenadas polares (A, φ) . Análogamente, pero partiendo de un modelo de marea de Tierra sólida como por ejemplo el modelo Dehant-Defraigne-Wahr anelástico (Dehant et al., 1999), podemos definir un vector teórico $\mathbf{R}(R, 0)$. El vector diferencia $\mathbf{B}(B, \beta) = \mathbf{A}(A, \varphi) - \mathbf{R}(R, 0)$ se deberá fundamentalmente a efectos oceánicos de carga y atracción, y también a propiedades reológicas regionales. Los efectos oceánicos pueden ajustarse por medio de modelos oceánicos como el FES2004 (Lyard et al., 2006), lo que permite definir el vector $\mathbf{L}(L, \lambda)$ de carga oceánica y atracción. Entonces, lo que contiene el vector de diferencias $\mathbf{X}(X, \chi) = \mathbf{B}(B, \beta) - \mathbf{L}(L, \lambda)$ (al que llamamos vector residuo final de marea gravimétrica) son propiedades de la reología local y efectos oceánicos no corregidos.

Melchior y De Becker (1983) observaron que los valores de la componente seno ($X \sin \chi$) del residuo final de marea gravimétrica eran normalmente muy pequeños, y sus amplitudes se correspondían con los errores cometidos en la determinación de los vectores $\mathbf{A}(A, \varphi)$, $\mathbf{L}(L, \lambda)$ y $\mathbf{B}(B, \beta)$. Por el contrario, los valores de la componente $X \cos \chi$ son, en muchas ocasiones, varias veces mayores que el ruido instrumental, estando relacionados con la heterogeneidad que distingue a la Tierra real del modelo. Posteriormente, en trabajos de, por ejemplo, Yanshin et al. (1986) y Melchior et al. (1986), se proponía el uso de flujo térmico como parámetro (ligado a heterogeneidades tectónicas) con el que intentar correlacionar los residuos finales de marea gravimétrica. En estos trabajos, y en otros como el de Melchior y Ducarme (1991), se obtuvieron altos coeficientes de correlación entre la componente $X \cos \chi$ y el flujo térmico. Los resultados serían criticados por autores como Rydelek et al. (1991), lo cual daría pie a otros trabajos apoyando o rechazando la

existencia de una correlación significativa entre la componente coseno del residuo final de marea gravimétrica y parámetros geofísicos como el flujo térmico, el espesor de la litosfera o la edad tectonotérmica de la litosfera.

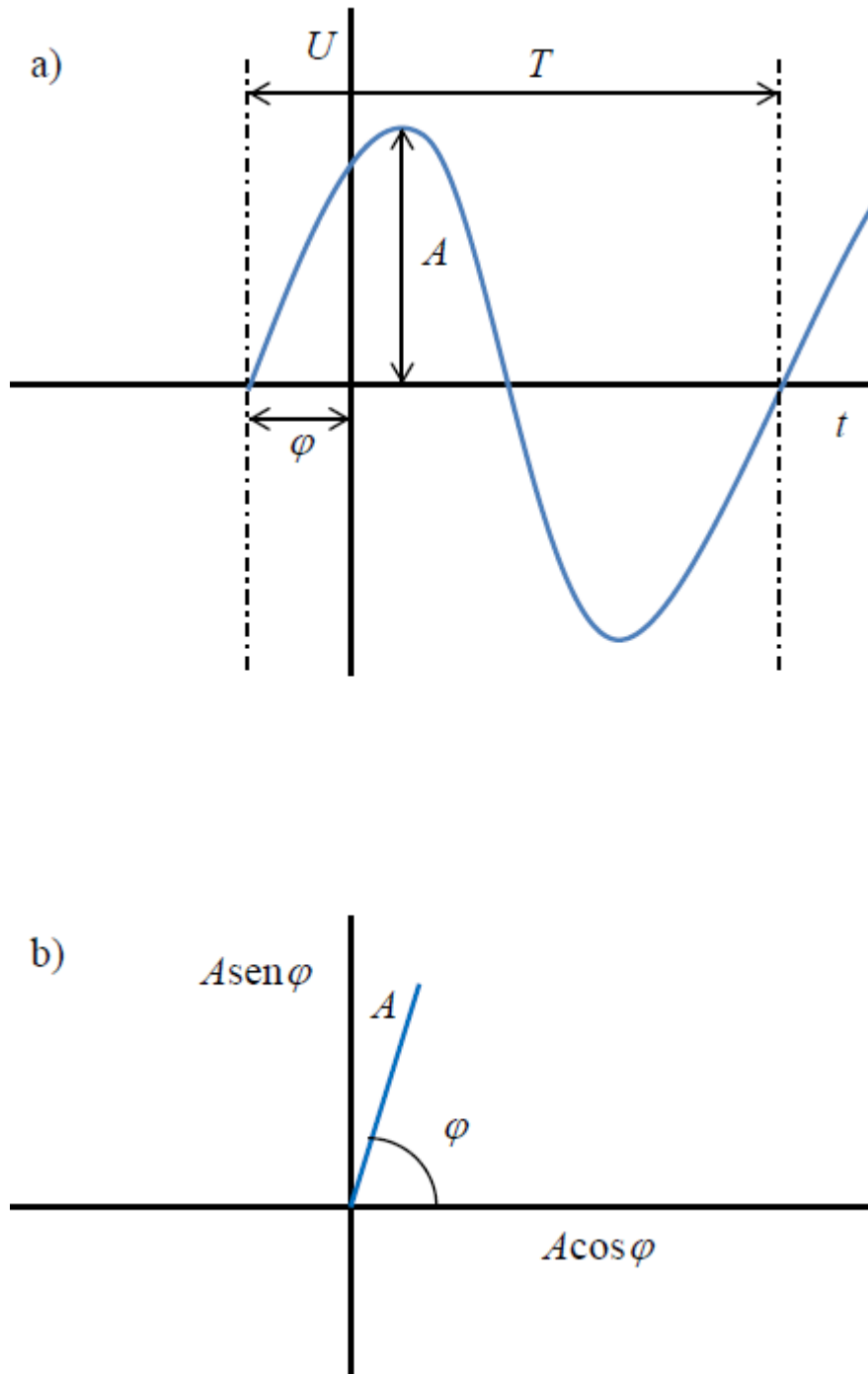


FIGURA 0.1: a) Onda sinusoidal de marea observada de amplitud A , fase φ y periodo T ; b) Vector de marea observada de coordenadas polares A , φ .

Dado que gran cantidad de información de mareas de Europa, y particularmente de la Península, está almacenada en los bancos de datos del International Center for Earth Tides (ICET; <http://www.upf.pf/ICET/home.html>), el **primer objetivo principal** de este trabajo es la utilización del mencionado banco de datos del ICET para realizar pruebas de correlación entre los residuos finales de marea gravimétrica y parámetros geofísicos que caracterizan la capacidad de deformación de la Litosferea (p.e., flujo térmico, resistencia de la Litosfera, temperatura en la discontinuidad de Mohorovic y edad tectonotérmica). Las pruebas se realizan con datos de 21 estaciones de marea gravimétrica de la Península Ibérica, estudiando las correlaciones entre la componente coseno del vector residuo final (evaluado para las ondas M_2 y O_1 del potencial de mareas) y los parámetros estructurales mencionados anteriormente. Este estudio no se había realizado previamente para la Península Ibérica de forma global, siendo por tanto los resultados obtenidos totalmente novedosos.

Por otra parte, los esfuerzos de marea, de tasas de variación muy rápidas (10 hPa/hora) se superponen a los esfuerzos tectónicos de lento incremento (0.2 hPa/hora), por lo que ha habido numerosos estudios sobre posibles relaciones entre la marea y la ocurrencia de terremotos, con resultados a menudo contradictorios entre sí (Emter, 1997). Al principio, lo que se buscaba eran periodicidades lunares y solares en las series de terremotos (Schuster, 1897). En posteriores estudios, se intentó relacionar los tiempos de ocurrencia de los terremotos con funciones temporales de la marea, como el potencial (Shirley, 1988), la gravedad (Simpson, 1967) y la deformación (Klein, 1976). Sin embargo, las variaciones temporales de estas funciones de la marea no van a ser en la mayor parte de los casos proporcionales a las de los esfuerzos, pues la relación entre esfuerzo y deformación es de tipo tensorial, no satisfaciéndose una proporcionalidad directa entre cada componente del tensor de esfuerzos y su correspondiente del tensor de deformaciones. Concretamente, y puesto que estamos considerando esfuerzos y deformaciones infinitesimales en un medio continuo, la teoría de la elasticidad lineal nos dice que los esfuerzos se relacionan con las deformaciones a través de la Ley de Hooke (Lay y Wallace, 1995), que para un cuerpo tridimensional isótropo es:

$$\begin{cases} \tau_{ii} = 2\mu e_{ii} + \lambda \sum e_{kk}, \\ \tau_{ij} = 2\mu e_{ij}, \end{cases} \quad [0.3]$$

siendo λ y μ los coeficientes de Lamé, e_{ij} las componentes del tensor de deformaciones y τ_{ij} las componentes del tensor de esfuerzos. Por lo tanto, parece más adecuado calcular los propios esfuerzos de marea en relación con los mecanismos focales de los terremotos.

Puesto que la solución de mecanismo focal que proporciona un catálogo sísmico es normalmente un plano conjugado definido por los ángulos acimut, buzamiento y deslizamiento de la falla, no podemos saber si se corresponde con el verdadero plano de falla o con el plano auxiliar. En muchos estudios sobre relaciones entre terremotos y mareas se opta por utilizar únicamente un elemento del esfuerzo de marea que sea invariante, como por ejemplo la componente del esfuerzo en la dirección de deslizamiento de la falla (Tsuruoka et al., 1995; Tanaka et al., 2002). Sin embargo, las componentes del esfuerzo de marea que más significativamente van a afectar al movimiento de una falla serán la componente normal al plano de falla y la componente de cizalla en la dirección del deslizamiento de la falla. Por tanto, se considera más útil trabajar con una combinación de ambas componentes llamada TCFS, y que se define como

$$TCFS = \sigma_s + f \sigma_n, \quad [0.4]$$

donde σ_s es el esfuerzo de marea evaluado en la dirección del deslizamiento de la falla, σ_n es el esfuerzo de marea normal (positivo para extensión), y f es un coeficiente efectivo de fricción que incorpora los efectos de presión de poro (King et al., 1994).

Consideramos también de interés, trabajar con catálogos de terremotos que realmente estén formados por elementos independientes (es decir, que no contengan réplicas ni premonitores), y que además verifiquen ciertos criterios de homogeneidad y calidad de los datos. Otros estudios previos sobre este tema están basados en catálogos que no cumplen estos requisitos.

Por todo ello, el **segundo objetivo principal** de este trabajo es la realización de un estudio que, partiendo de unos criterios rigurosos de selección de los terremotos de un catálogo sísmico, presente un análisis estadístico exhaustivo sobre la existencia o no de correlaciones entre los tiempos de origen de los terremotos y el parámetro TCFS, distribuyendo además los terremotos según el tipo de falla al que pertenezcan para intentar

dilucidar patrones de comportamiento en función del mecanismo focal. La metodología que hemos desarrollado, que incluye una técnica para solucionar los problemas derivados de la indeterminación del plano de falla, resulta novedosa. Los resultados también son completamente nuevos en la región de estudio. Se han elaborado programas de cálculo específicos para este objetivo.

Este segundo objetivo no ha podido estudiarse con datos de la Península Ibérica, pues los catálogos de sismos existentes para dicha región carecen en la gran mayoría de los casos de información relativa a los mecanismos focales de los terremotos, lo que impide el cálculo de los esfuerzos ocasionados por la marea en dichas fallas. Fue necesario recurrir a otro catálogo más completo, como es el correspondiente a la red sísmica Northern California Seismic Network (NCSN: www.ncedc.org) y desarrollar el trabajo en base a datos sísmicos de California.

A fin de presentar adecuadamente la forma en que se han ido cumplimentando los objetivos parciales para poder llegar a las conclusiones generales, esta tesis está dividida fundamentalmente en tres capítulos:

- El Capítulo 1 define los conceptos fundamentales que serán empleados en los capítulos siguientes, particularmente en lo relativo a Marea Terrestre, Marea Oceánica y los modelos utilizados.
- El Capítulo 2 se centra en el estudio de correlaciones entre residuos finales de marea y distintos parámetros geodinámicos relacionados con la capacidad de deformación de la Litosfera. Este estudio se basó enteramente en datos de la Península Ibérica, y dio lugar a un trabajo de investigación publicado en Journal of Geodynamics (Fernández et al., 2008), siendo el autor de esta tesis coautor de dicho trabajo. Se presentan resultados actualizados en esta Tesis, con modelos más modernos para el cálculo del efecto oceánico.
- El Capítulo 3 detalla la investigación sobre las correlaciones entre esfuerzos de marea y terremotos. Esta parte de la tesis se realizó partiendo de datos de catálogos sísmicos de California, y constituye la base de dos trabajos de próxima

publicación, uno de los cuales se centra en la metodología empleada y la discusión de los resultados, y el otro en los códigos de programación utilizados para la obtención de los datos.

Por último, se presentan las conclusiones finales, destacando las aportaciones personales más importantes y proponiendo futuras líneas de investigación.

CAPÍTULO 1.

Marea Terrestre y Oceánica.

1.1 Potencial de marea.

Los fenómenos de mareas terrestres han captado la atención del hombre desde prácticamente el principio de la Humanidad. En un principio sólo las mareas oceánicas eran directamente observables, como relata Eratóstenes (siglo III a. C.). Sin embargo, ya en el siglo I d. C. encontramos primeras referencias a las mareas terrestres en trabajos de Plinio el Viejo que refieren los casos de fuentes y pozos que en ocasiones suben de nivel en sentido inverso a la marea oceánica (dilatación cúbica de la corteza terrestre). Aunque resulta patente desde el principio la influencia de la Luna, no es hasta la publicación de la Teoría de la Gravitación de Newton (1687) cuando encontramos una interpretación correcta del fenómeno, definiéndose la fuerza generadora de las mareas en un punto de la superficie terrestre como la diferencia entre la atracción gravitatoria causada por un astro perturbador en dicho punto y en el centro de la Tierra. Estos astros perturbadores son fundamentalmente la Luna (por su cercanía) y el Sol (por su masa).

De este modo, y considerando la Tierra como una esfera rígida de radio r (Fig. 1.1), si tenemos un punto P de masa unidad sobre la superficie terrestre y un astro perturbador (por ejemplo, la Luna) cuya distancia al centro C de la Tierra es d y cuya

distancia al punto P es d' , entonces la fuerza newtoniana gravitatoria que ejerce la Luna sobre P será (Udías y Mezcua, 1997)

$$\bar{f}_P = \frac{GL}{(d')^2} \bar{e}_P, \quad [1.1]$$

siendo L la masa de la Luna, G la constante universal de la gravedad y \bar{e}_P el vector unitario en la dirección de d' . Esta fuerza gravitatoria es el gradiente del potencial (Agnew, 2015)

$$V_P = \frac{GL}{d'}. \quad [1.2]$$

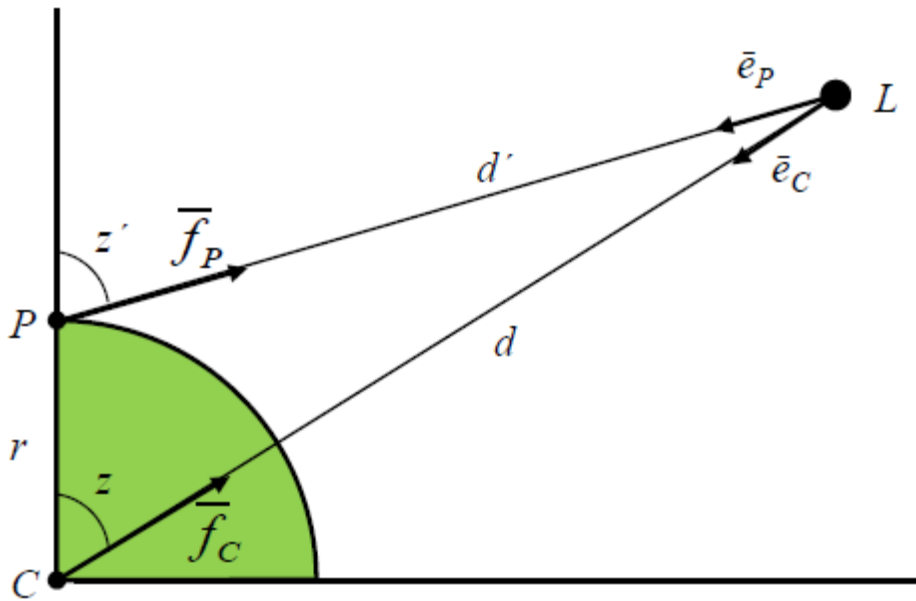


FIGURA 1.1: Suponemos la Tierra como una esfera rígida de radio r . La Luna (L) está a una distancia d del centro de la Tierra C y a una distancia d' de un punto P situado sobre la superficie terrestre. Los ángulos z y z' son la distancia cenital geocéntrica y topocéntrica, respectivamente. Llamamos \bar{f}_P a la fuerza gravitatoria que ejerce la Luna sobre el punto P , y \bar{f}_C a la fuerza gravitatoria que ejerce la Luna sobre el centro de la Tierra C . \bar{e}_P y \bar{e}_C son los vectores unitarios en las direcciones de d' y d , respectivamente.

Ahora bien, por el teorema del coseno (Agnew, 2015),

$$(d')^2 = d^2 + r^2 - 2rd \cos z = d^2 \left(1 + \left(\frac{r}{d} \right)^2 - 2 \left(\frac{r}{d} \right) \cos z \right). \quad [1.3]$$

De tal forma que

$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{d} \left(1 + \left(\frac{r}{d} \right)^2 - 2 \left(\frac{r}{d} \right) \cos z \right)^{-\frac{1}{2}}. \quad [1.4]$$

Considerando

$$l = \left(1 + \left(\frac{r}{d} \right)^2 - 2 \left(\frac{r}{d} \right) \cos z \right)^{\frac{1}{2}} \quad [1.5]$$

y desarrollando $1/l$ como suma de series de los polinomios de Legendre P_n de grado n (ver Apéndice A), la expresión [1.4] es equivalente a

$$\frac{1}{d'} = \frac{1}{d} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{r}{d} \right)^n P_n(\cos z). \quad [1.6]$$

Análogamente a [1.1] y [1.2], la fuerza gravitatoria que ejerce la Luna sobre el centro de la Tierra C es

$$\bar{f}_C = \frac{GL}{(d)^2} \bar{e}_C, \quad [1.7]$$

que es el gradiente del potencial

$$V_C = \frac{GL}{d}. \quad [1.8]$$

El valor de este potencial V_C en el punto P puede expresarse como

$$[V_C]_P = V_C + \delta V_C, \quad [1.9]$$

siendo δV_C el trabajo realizado por el punto C al desplazarse hacia P bajo el efecto de la fuerza \bar{f}_C , es decir,

$$\delta V_C = \int_0^r \bar{f}_C \cdot \bar{dr} = \int_0^r \frac{GL}{d^2} \cos z dr = \frac{GL}{d^2} r \cos z. \quad [1.10]$$

El potencial de marea causado por la Luna en el punto P está causado por la diferencia de potencial

$$U_L = V_P - [V_C]_P = \frac{GL}{d} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{r}{d} \right)^n P_n(\cos z) - \frac{GL}{d} - \frac{GL}{d^2} \cos z r = \frac{GL}{d} \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{r}{d} \right)^n P_n(\cos z). \quad [1.11]$$

La precisión actual de las observaciones aconseja que para el potencial lunar de marea se utilicen sólo los términos hasta grado 3, pues el término de grado 4 sólo puede detectarse con gravímetros de muy alta precisión (Agnew, 2015). Por tanto,

$$U_L = \frac{GL}{d} \left(\frac{r}{d} \right)^2 P_2(\cos z) + \frac{GL}{d} \left(\frac{r}{d} \right)^3 P_3(\cos z) = \frac{GL}{d} \left(\frac{r}{d} \right)^2 \left(\frac{3}{2} \cos^2 z - \frac{1}{2} \right) + \frac{GL}{d} \left(\frac{r}{d} \right)^3 \left(\frac{5}{2} \cos^3 z - \frac{3}{2} \cos z \right). \quad [1.12]$$

Si llamamos C_L a la distancia media entre los centros de gravedad de la Tierra y la Luna, podemos definir la llamada constante de Doodson (Doodson, 1921; Groten, 1980)

$$D(r) = \frac{3}{4} GL \frac{r^2}{C_L^3}. \quad [1.13]$$

Sustituyendo [1.13] en [1.12] se obtiene

$$U_L = D(r) \frac{2}{3} \left(\frac{C_L}{d} \right)^3 \left((3 \cos^2 z - 1) + \left(\frac{r}{d} \right) (5 \cos^3 z - 3 \cos z) \right). \quad [1.14]$$

En cambio, para el potencial solar de marea U_S suele bastar con el término de segundo grado, pues el efecto producido por las mareas solares es aproximadamente la mitad del efecto de las mareas lunares (de Toro, 1989). Así, tenemos que (Udías y Mezcua, 1997)

$$U_S = D_S(r) \frac{2}{3} \left(\frac{C_S}{d_S} \right)^3 (3 \cos^2 z_S - 1), \quad [1.15]$$

donde $D_S(r)$ es la constante de Doodson definida para el Sol, C_S la distancia media entre los centros de gravedad de la Tierra y el Sol, d_S la distancia entre el Sol y el centro de la Tierra y z_S la distancia cenital geocéntrica definida por el Sol. La constante de Doodson solar $D_S(r)$ puede expresarse en función de la constante lunar $D(r)$ según la relación (Udías y Mezcua, 1997)

$$D_S(r) = 0.4605 D(r). \quad [1.16]$$

Para poder estudiar la variación en el tiempo del potencial de mareas, es necesario poder expresar el ángulo z en función de la posición del astro perturbador y las coordenadas geocéntricas (ϕ, λ) del punto de observación P . Considerando la Luna como dicho astro perturbador, si proyectamos sobre la esfera celeste tanto la posición de la Luna como la posición del punto de observación, podremos trazar un triángulo esférico cuyo tercer vértice será el Polo Norte Celeste N (Fig. 1.2). Aplicando la fórmula del coseno al triángulo esférico de vértices N , L y P :

$$\cos z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos(\tau - 180), \quad [1.17]$$

donde el ángulo τ es un tiempo lunar local que se define como el ángulo horario entre el meridiano celeste superior local de P y el círculo horario de la Luna, medido hacia el oeste desde el meridiano celeste local y sumándole 12 horas (Bowditch y National Imagery and Mapping Agency, 2002).

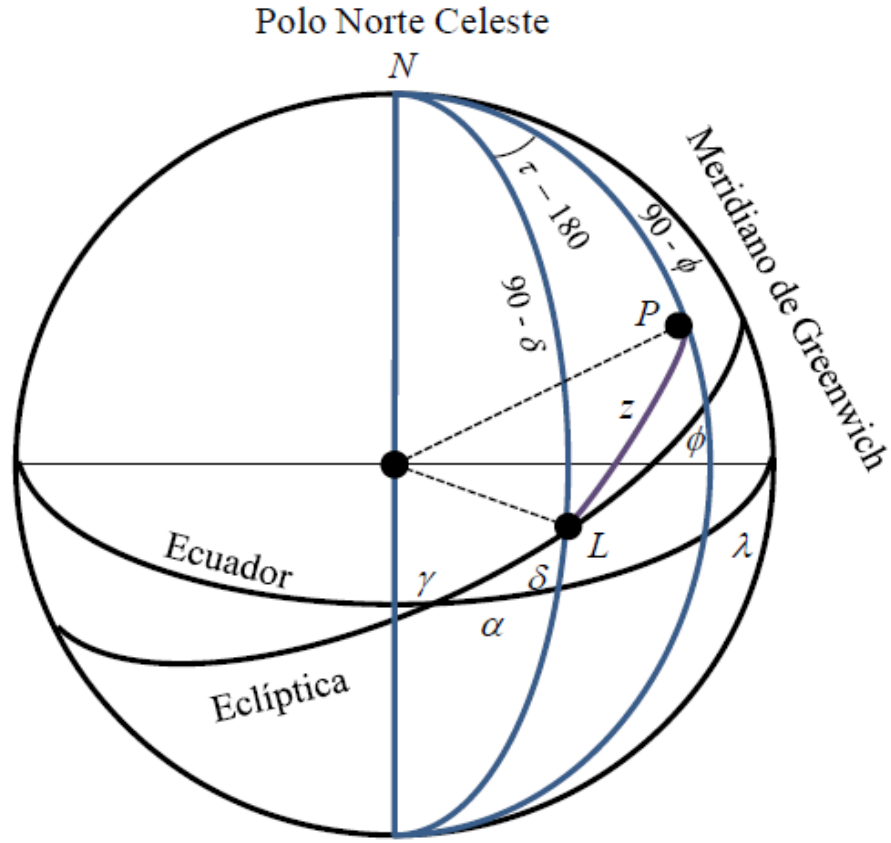


FIGURA 1.2: En esta representación sobre la esfera celeste, los puntos N (Polo Norte Celeste), P (punto de observación) y L (Luna) definen un triángulo esférico. El lado z del triángulo es la distancia cenital geocéntrica entre P y la Luna. Las coordenadas (ϕ, λ) son la latitud y longitud de P respectivamente, mientras que la posición de la Luna queda determinada por la ascensión recta α y la declinación lunar δ . El meridiano celeste del punto P y el círculo horario de la Luna forman un ángulo horario que mide $\tau - 180^\circ$, siendo τ el tiempo lunar local (basado en Udías y Mezcuá, 1997).

Y por el teorema de la suma de armónicos esféricos (Arfken, 1985):

$$P_n(\cos z) = P_n(\sin \phi)P_n(\sin \delta) + 2 \sum_{m=1}^n \frac{(n-m)!}{(n+m)!} P_n^m(\sin \phi)P_n^m(\sin \delta) \cos(m(\tau - 180)), \quad [1.18]$$

donde P_n^m son los polinomios asociados de Legendre de grado n y orden m (ver Apéndice A). Sustituyendo [1.18] en la expresión [1.11] obtenemos el potencial lunar de marea en la forma (Smith, 1999):

$$U_L = \frac{GL}{d} \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{r}{d} \right)^n \sum_{m=0}^n (2 - \delta_{0m}) \frac{(n-m)!}{(n+m)!} P_n^m(\text{sen}\phi) P_n^m(\text{sen}\delta) \cos(m(\tau - 180)), \quad [1.19]$$

siendo δ_{0m} la función delta de Kronecker (Smith, 1999)

$$\begin{cases} \delta_{0m} = 1 & \text{si } m = 0 \\ \delta_{0m} = 0 & \text{si } m \neq 0. \end{cases} \quad [1.20]$$

Aproximando hasta el grado $n = 2$ (Udías y Mezcua, 1997):

$$U_L = 3A \left(\frac{1}{3} - \text{sen}^2 \phi \right) \left(\frac{1}{3} - \text{sen}^2 \delta \right) - A \text{sen} 2\phi \text{sen} 2\delta \cos \tau + A \cos^2 \phi \cos^2 \delta \cos 2\tau, \quad [1.21]$$

con

$$A = D(r) \left(\frac{C_L}{d} \right)^3. \quad [1.22]$$

Con esta aproximación, podemos expresar el potencial lunar de marea como la suma de los tres términos fundamentales siguientes:

$$U_L = U_0^L + U_1^L + U_2^L, \quad [1.23]$$

siendo

$$U_0^L = 3A \left(\frac{1}{3} - \text{sen}^2 \phi \right) \left(\frac{1}{3} - \text{sen}^2 \delta \right), \quad [1.24]$$

$$U_1^L = -A \text{sen} 2\phi \text{sen} 2\delta \cos \tau, \quad [1.25]$$

y

$$U_2^L = A \cos^2 \phi \cos^2 \delta \cos 2\tau . \quad [1.26]$$

Estas componentes tienen propiedades distintas ya que muestran periodicidades en función de distintos múltiplos del tiempo lunar medio τ (cuyo periodo es el día lunar medio, equivalente a 24 h 50m 47s). Así, la componente U_0^L representa las mareas de largo periodo (14 días), no dependientes de la rotación de la Tierra. En cambio, U_1^L es una componente que oscila con periodo diurno y U_2^L es la componente semidiurna. De entre estos tres términos, el de mayor influencia en las mareas es el semidiurno ya que el ángulo δ es pequeño (aproximadamente 23°) y entonces $\sin 2\delta < \cos^2 \delta$ (Udías y Mezcua, 1997).

Análogamente podemos obtener estas ecuaciones para el potencial solar de marea, sustituyendo en [1.22] la constante de Doodson lunar $D(r)$ por la solar $D_S(r)$, C_L por C_S y d por d_S , y sustituyendo τ por t (tiempo solar medio, de periodicidad igual a la de un día solar medio, 24 h) en [1.25] y [1.26] (Udías y Mezcua, 1997).

1.2 Marea del geoide.

Si considerásemos que las fuerzas actuantes en un punto fijo P_0 de la superficie terrestre fueran únicamente la fuerza gravitatoria terrestre y la fuerza centrífuga debida a la rotación de la Tierra, podríamos definir el potencial gravífico o potencial de la gravedad terrestre W como la suma del potencial gravitatorio V y el potencial centrífugo Φ . Entonces, el Geoide, que se define como la superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre que coincide aproximadamente con el nivel medio de los océanos en equilibrio (Heiskanen y Moritz, 1967) podría definirse como la superficie que satisface en todos sus puntos la expresión (Gil y Sevilla, 1988):

$$W = V + \Phi = K , \quad [1.27]$$

siendo K un valor constante. Ahora bien, puesto que las fuerzas de atracción de otros cuerpos celestes también actuarán sobre P , la expresión [1.27] debe incluir el potencial de marea U , de tal modo que

$$W = V + \Phi + U = K . \quad [1.28]$$

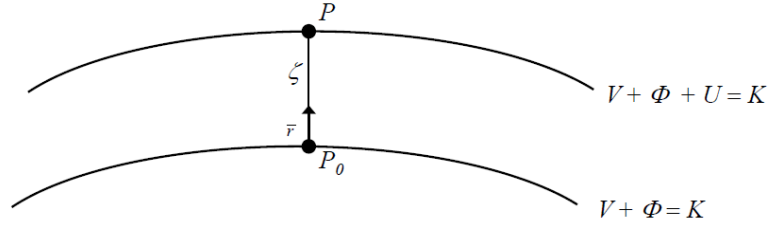


FIGURA 1.3: La marea del geoide es la deformación instantánea del geoide causada por el potencial de marea U . Su altura ζ se mide a lo largo de la normal \bar{r} al geoide que satisface la condición $V + \Phi = K$ (constante) desde un punto P_0 del mismo hasta un punto P de la superficie equipotencial que cumple $V + \Phi + U = K$ (basado en de Toro, 1989).

Aproximando la Tierra por un cuerpo rígido cubierto por una capa líquida uniforme de baja densidad, dicha capa líquida adoptará siempre la forma de la superficie equipotencial del campo de gravedad terrestre (Udías y Mezcua, 1997). La deformación instantánea del geoide causada por el potencial de marea U es una marea de equilibrio a la que podemos llamar marea del geoide (Gil, 2002). Como vemos en la Figura 1.3, la altura ζ de la marea del geoide se mide a lo largo de la normal \bar{r} al geoide definido por [1.27] desde un punto P_0 del mismo hasta un punto P perteneciente a una superficie equipotencial que satisface [1.28].

De las expresiones [1.27] y [1.28] se deduce que, si W_{P_0} y W_P son la suma del potencial gravitatorio y el potencial centrífugo en los puntos P_0 y P respectivamente, entonces (Gil, 2002)

$$W_P + U = W_{P_0} . \quad [1.29]$$

Como el desplazamiento de la superficie de nivel es ζ , tenemos que (Gil, 2002)

$$W_P = W_{P_0} + \zeta \frac{\partial W}{\partial r} . \quad [1.30]$$

Dado que la normal al geoide se aproxima a la línea de la plomada, podemos asumir que $\frac{\partial W}{\partial r}$ es equivalente a $\frac{\partial W}{\partial H}$, siendo H la altitud ortométrica que se mide a lo largo de la línea de la plomada. Ahora bien, considerando un sistema de coordenadas rectangulares

$\{x, y, z\}$ y diferenciando el potencial gravífico $W = W(x, y, z)$ resulta (Heiskanen y Moritz, 1967)

$$dW = \frac{\partial W}{\partial x} dx + \frac{\partial W}{\partial y} dy + \frac{\partial W}{\partial z} dz = \text{grad}W \cdot d\bar{x} = \bar{g} \cdot d\bar{x}, \quad [1.31]$$

donde \bar{g} es el vector gravedad y $d\bar{x} = (dx, dy, dz)$. Si tomamos $d\bar{x}$ a lo largo de la línea de la plomada, entonces $|d\bar{x}| = dH$ y (Heiskanen y Moritz, 1967)

$$\bar{g} \cdot d\bar{x} = gdH \cos 180^\circ = -gdH. \quad [1.32]$$

Sustituyendo entonces [1.32] en [1.31] resulta

$$g = -\frac{\partial W}{\partial H}. \quad [1.33]$$

De donde, sustituyendo [1.30] y [1.33] en [1.29] llegamos a que la altura de la marea del geoide es (Gil, 2002)

$$\zeta = \frac{U}{g}. \quad [1.34]$$

En el caso del potencial lunar de marea U_L , si dividimos por g los potenciales U_0^L , U_1^L y U_2^L definidos en [1.24], [1.25] y [1.26] obtenemos las componentes de la marea del geoide correspondientes a las distintas periodicidades (largo periodo, periodo diurno y periodo semidiurno). Análogamente para el potencial solar de marea U_S . Si consideramos el potencial de marea U como suma del potencial lunar U_L y el potencial solar U_S y nos quedamos con los términos hasta el grado 2, puede obtenerse un valor máximo para la altura de la marea del geoide de $\zeta = 0.7809$ m (Gil, 2002). Este valor no se ajusta de modo general a las observaciones, ya que la aproximación de la Tierra por un cuerpo rígido cubierto por una capa líquida uniforme es excesivamente simple. Sin embargo, se aproxima bastante bien a lo observado en regiones oceánicas de profundidades superiores a los 1200 m.

1.3 Análisis de la marea.

Como hemos visto en la Sección 1.1, el potencial de marea puede descomponerse en una suma de términos fundamentales, cada uno de los cuales es a su vez un producto de la constante de Doodson y de funciones matemáticas de la latitud geográfica ϕ del observador o de la posición del astro perturbador (expresiones [1.22] – [1.26]). Doodson (1921), considerando la acción conjunta de la Luna y el Sol, encuentra útil descomponer los términos fundamentales en factores dependientes únicamente de la constante de Doodson y la latitud ϕ (los coeficientes geodésicos G_{nm}^l de grado n y orden m) o de la posición del cuerpo celeste, expresada ésta en función de elementos astronómicos (los factores perturbadores M_{nm}^l). Así, el potencial de marea lunisolar U puede expresarse como el desarrollo en armónicos esféricos (Camacho et al., 1988)

$$U = \sum_{l=L,S} \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=0}^n G_{nm}^l M_{nm}^l, \quad [1.35]$$

donde el índice l representa a los cuerpos perturbadores considerados (la Luna L y el Sol S).

Doodson (1921) establece un desarrollo de los coeficientes M_{nm}^l a partir de 6 variables fundamentales linealmente dependientes del tiempo que definen los movimientos orbitales de la Luna y el Sol, y que son las siguientes:

Luna:

- τ tiempo lunar medio
- s longitud eclíptica media de la Luna
- p longitud eclíptica media del perigeo lunar
- N' longitud eclíptica media N del nodo ascendente Ω de la órbita lunar cambiada de signo

Sol:

- h longitud eclíptica media del Sol
- p_s longitud eclíptica media del perigeo solar

Estas variables están definidas para cuerpos celestes ficticios que recorren la eclíptica a velocidad casi uniforme y siempre a la misma distancia de la Tierra (Smith, 1999). En concreto, la longitud eclíptica media s de la Luna se refiere a una Luna ficticia L_F que se mueve a lo largo de la eclíptica dando una vuelta completa cada 27,32 días solares medios. A su vez, el día solar medio se define a partir del Sol Medio S_M , que es un objeto que se mueve a lo largo del ecuador a una velocidad constante e idéntica a la del Sol ficticio S_F , de tal modo que en todo momento la ascensión recta α_{Sm} de S_M es igual a la longitud eclíptica media h de S_F , tomando ambas medidas desde el equinoccio de primavera γ . Así, llamamos día solar medio al tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol Medio S_M por el meridiano de Greenwich. Igualmente se define la Luna Media L_M como un cuerpo que recorre el ecuador a la misma velocidad que la Luna ficticia L_F y cumpliendo siempre que la ascensión recta α_{Lm} de L_M es igual a la longitud eclíptica media s de L_F . Entonces, llamaremos día lunar medio al tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de la Luna Media L_M por el meridiano de Greenwich, tiempo que equivale a 1,035 días solares medios. El tiempo solar medio t no está incluido entre las variables fundamentales de Doodson ya que se obtiene a partir de ellas mediante la combinación lineal (Smith, 1999; ver Fig. 1.4):

$$t = \tau - h + s. \quad [1.36]$$

Utilizando estas variables, Doodson define el potencial lunisolar de marea de la siguiente forma (Gil, 2002):

$$U = \sum_{l=L,S} \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=0}^n \sum_{ABCDE} G_{nm}^l K_n^{mABCDE} \begin{Bmatrix} \text{sen} \\ \text{cos} \end{Bmatrix} (\Psi_n^{mABCDE}), \quad [1.37]$$

donde K_n^{mABCDE} es el factor perturbador y

$$\Psi_n^{mABCDE} = m\tau + As + Bh + Cp + DN' + Ep_s \quad [1.38]$$

es el ángulo de fase. Las fases son argumentos de la función coseno o seno dependiendo de que la suma $n + m$ sea par o impar.

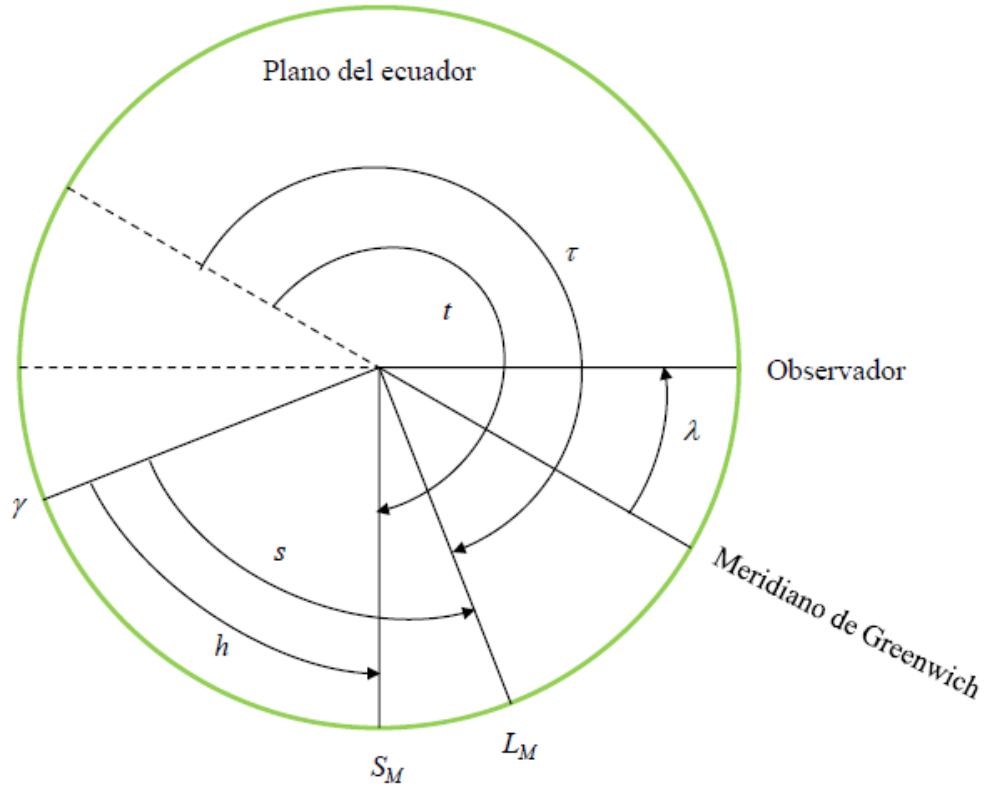


FIGURA 1.4: Definición del tiempo solar medio de Greenwich t y el tiempo lunar medio de Greenwich τ , a partir del Sol Medio S_M y la Luna Media L_M . λ es la longitud del observador y γ el punto de Aries. Nótese que el tiempo solar medio local es $t + \lambda$ y el tiempo lunar medio local es $\tau + \lambda$ (basado en Smith, 1999).

Por tanto, este potencial puede calcularse para cualquier punto de la superficie de la Tierra y cualquier momento del tiempo a partir de las efemérides de la Luna y el Sol, las cuales son conocidas con un alto grado de precisión (Eckert et al., 1954).

La clasificación de los armónicos puede hacerse a partir del conjunto (m, A, B, C, D, E) . La especie de marea (de largo periodo, diurna, semidiurna, etc.) la indica el orden m , que es el factor que multiplica al tiempo lunar medio τ mientras que A, B, C, D y E son los factores que multiplican a las otras cinco variables de Doodson (s, h, p, N' y p_s). Se llama número argumento al conjunto $\{m, (A+5), (B+5), (C+5), (D+5), (E+5)\}$ (el hecho de sumar 5 se debe a que los factores $A - E$ pueden alcanzar valores próximos a - 4 en ocasiones). El subconjunto $\{m, (A+5), (B+5)\}$ se llama número constituyente, y caracteriza a las ondas que pueden separarse tras un año de observaciones, mientras que la dupla $\{m, (A+5)\}$ define el número de grupo, que caracteriza a las ondas que pueden descomponerse tras un mes de observaciones. Como ejemplo, la onda de periodo diurno y origen lunar O_1

$= 0.3769G_{2I}\text{sen}(\tau - s)$ (donde G_{2I} es el coeficiente geodésico lunar de grado 2 y orden 1; ver Udías y Mezcuá, 1997) tiene número de argumento 145.555, número constituyente 145 y número de grupo 14.

Si ahora consideramos t y τ como el tiempo solar medio local y el tiempo lunar medio local, respectivamente, y aplicamos la igualdad [1.36] en [1.38], entonces (de Toro, 1989)

$$\Psi_k = \Psi_n^{mABCDE}(t) = mt + (A - m)s + (B + m)h + Cp + DN' + Ep_s. \quad [1.39]$$

Esta ecuación es equivalente a (de Toro, 1989)

$$\Psi_k = mt + u(t_G). \quad [1.40]$$

siendo

$$u(t_G) = (A - m)s + (B + m)h + Cp + DN' + Ep_s \quad [1.41]$$

una función del tiempo universal t_G que se corresponde con el tiempo civil local t , y que por tanto no dependerá de la situación geográfica del observador.

Desarrollando [1.40] como serie de Taylor (p.e., Abramowitz y Stegan, 2012) hasta primer orden en torno al tiempo origen $t_0 = 0$, el cual se corresponde con el tiempo de Greenwich

$$t_{G_0} = t_0 - \lambda = -\lambda \quad [1.42]$$

(nótese que la longitud λ se considera positiva hacia el Este) resulta (de Toro, 1989)

$$\Psi_k = \varphi_k + m(t - t_0) + \dot{u}(t_G)(t_G - t_{G_0}), \quad [1.43]$$

donde el término de orden 0

$$\varphi_k = u(t_{G_0}) \quad [1.44]$$

es la fase inicial, y la derivada

$$\dot{u}(t_G) = (A - m)\dot{s} + (B + m)\dot{h} + C\dot{p} + D\dot{N}' + E\dot{p}_s \quad [1.45]$$

se cuantifica en grados/hora de tiempo solar medio. Puesto que la velocidad del Sol Medio es de $15^\circ/\text{h}$, podemos escribir [1.43] como (de Toro, 1989)

$$\Psi_k = \varphi_k + 15mt + \dot{u}(t_G)t = \varphi_k + (15m + \dot{u}(t_G))t. \quad [1.46]$$

O también

$$\Psi_k = \omega_k t + \varphi_k, \quad [1.47]$$

donde

$$\omega_k = 15m + \dot{u}(t_G) \quad [1.48]$$

es la frecuencia del armónico. Entonces, aplicando [1.47] en [1.37] llegamos a que cada uno de los armónicos esféricos del potencial lunisolar de marea puede escribirse en base a su frecuencia ω_k de la forma (de Toro, 1989)

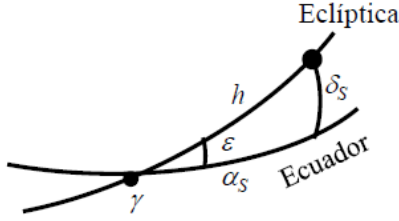
$$H_k = A_k f(\omega_k t + \varphi_k), \quad [1.49]$$

siendo

$$A_k = \left(G_{nm}^l K_n^{mABCDE} \right)_k \quad [1.50]$$

la amplitud del armónico k -ésimo y f una función seno o coseno.

a) Órbita de la Tierra



b) Órbita de la Luna

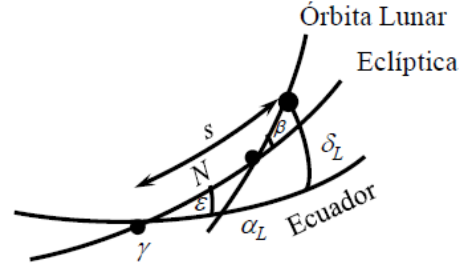


FIGURA 1.5: Declinación solar δ_S y declinación lunar δ_L en relación con los elementos de las órbitas: a) de la Tierra, siendo ε la inclinación de la eclíptica, h la longitud eclíptica media del Sol y α_S la ascensión recta del Sol; b) de la Luna, con s la longitud eclíptica media de la Luna, α_L la ascensión recta de la Luna, N la longitud eclíptica media del nodo ascendente de la Luna y β el ángulo entre el plano de la órbita lunar y el de la eclíptica. En ambos casos, las longitudes del Sol y la Luna se miden desde el punto Aries (γ). (Basado en Udías y Mezcua, 1997).

A continuación se describen los principales constituyentes de la marea lunisolar aproximando hasta el grado $n = 2$. La Figura 1.5 describe la relación entre la declinación solar δ_S y la longitud eclíptica media h del Sol ficticio S_F , así como entre la declinación lunar δ_L y la longitud eclíptica media s de la Luna ficticia L_F . Concretamente, y aplicando la fórmula del seno (Udías y Mezcua, 1997):

$$\text{sen} \delta_S = \text{sen} \varepsilon \text{sen} h, \quad [1.51]$$

siendo ε la inclinación de la eclíptica ($23^\circ 26.5'$). Y también, aproximando la órbita de la Luna al plano de la eclíptica (Udías y Mezcua, 1997),

$$\text{sen} \delta_L = \text{sen} \varepsilon \text{sen} s. \quad [1.52]$$

Entonces (y siempre en aproximación de primer orden), sustituyendo las expresiones [1.51] y [1.52] en [1.24], y teniendo en cuenta la relación [1.16] entre la constante de Doodson solar $D_S(r)$ y la constante lunar $D(r)$ tenemos (Udías y Mezcua, 1997):

$$U_0^L = 0,5046G_{20} + 0,1564G_{20} \cos 2s = M_0 + M_f \quad [1.53]$$

(constituyentes de largo periodo de la marea lunar) y

$$U_0^S = 0,2341G_{20} + 0,0729G_{20} \cos 2h = S_0 + S_{sa} \quad [1.54]$$

(constituyentes de largo periodo de la marea solar), donde

$$G_{20} = D(r)(1 - 3\sin^2\phi) \quad [1.55]$$

es el coeficiente geodésico lunar de grado 2 y orden 0.

De forma análoga, trabajando con la ecuación [1.25] obtenemos los constituyentes de marea diurna para el caso lunar (Udías y Mezcua, 1997)

$$U_1^L = 0,3627G_{21}\sin(\tau + s) + 0,3769G_{21}\sin(\tau - s) = K_{1m} + O_1 \quad [1.56]$$

y para el caso solar

$$U_1^S = 0,1682G_{21}\sin(t + h) + 0,1755G_{21}\sin(t - h) = K_{1s} + P_1, \quad [1.57]$$

con

$$G_{21} = D(r)\sin 2\phi \quad [1.58]$$

(coeficiente geodésico lunar de grado 2 y orden 1).

Por último, partiendo de la expresión [1.26], podemos obtener las constituyentes de marea semidiurna (Udías y Mezcua, 1997):

$$U_2^L = 0,9081G_{22} \cos 2\tau = M_2 \quad [1.59]$$

(caso lunar) y

$$U_2^S = 0,4229G_{22} \cos 2t = S_2 \quad [1.60]$$

(para el Sol), con

$$G_{22}^l = D(r) \cos^2 \phi \quad [1.61]$$

el coeficiente geodésico lunar de grado 2 y orden 2.

El desarrollo de Doodson (1921) del potencial de marea contaba únicamente con 386 componentes, obteniendo tanto los términos lunares como los solares hasta el grado $n = 3$. El posterior desarrollo ideado por Cartwright, Tayler y Edden conocido como CTE (Cartwright y Tayler, 1971; Cartwright y Edden, 1973) llega a 504 términos, y tiene en cuenta tanto la nutación como el efecto indirecto de los planetas (especialmente Júpiter y Venus) sobre el movimiento de la Luna. Un método similar utiliza Büllsfeld (1985), cuyo desarrollo del potencial lunisolar de marea se compone de 656 términos, considerando $n = 2$ para el Sol y $n = 4$ para la Luna.

Tamura (1987) revisa las tablas de constituyentes de marea del potencial CTE, y consigue un nuevo desarrollo del potencial lunisolar de marea compuesto de 1200 términos, y que llega hasta $n = 4$ en el caso de la Luna y $n = 3$ para el Sol. Frente a las 6 variables de Doodson, Tamura propone los 8 argumentos siguientes:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1 = 15^\circ \text{ TU} + \alpha_m - s + h \\ f_2 = s + \Delta s \\ f_3 = h + \Delta h \\ f_4 = p \\ f_5 = N' \\ f_6 = p_s \\ f_7 = \text{periodo de la oposición de Júpiter} \\ f_8 = \text{periodo de la conjunción de Venus} \end{array} \right. \quad [1.62]$$

donde TU es el Tiempo Universal, s , h , p , N' y p_s son los argumentos de Doodson definidos anteriormente, α_m es la ascensión recta de un objeto imaginario que permite definir el Tiempo Universal, Δs indica las perturbaciones de largo periodo en la longitud de la luna y Δh las perturbaciones de largo periodo en la longitud del Sol.

La utilización de software de cálculo como Mathematica o Maple ha permitido la aparición de desarrollos más sofisticados del potencial de marea. Un ejemplo es RATGP95 (Roosbeek, 1996), que llega hasta los 6499 términos considerando grado $n = 5$ para la Luna y grado $n = 3$ para el Sol. En este desarrollo se tiene en cuenta el aplanamiento de la Tierra, efectos de nutación (i.e., oscilaciones periódicas del eje de rotación de la Tierra alrededor de su posición media en la esfera celeste), efectos planetarios tanto directos (atracción gravitatoria) como indirectos (perturbaciones orbitales de la Tierra y la Luna) y perturbaciones lunares sobre la órbita terrestre. Más reciente es el desarrollo KSM03 (Kudryavtsev, 2004), basado en las efemérides lunares y planetarias DE/LE-405 y DE/LE-406 (NASA Jet Propulsion Laboratory; Standish, 1998) y que incluye casi 27000 series de Poisson. Con todo, la precisión actual de las observaciones hace que normalmente sólo se consideren como cuerpos perturbadores la Luna y el Sol, y que los desarrollos armónicos se limiten al grado 3 en el caso de la Luna y al grado 2 en el caso del Sol.

1.4 Marea Terrestre.

1.4.1 Modelos SNREI.

En la definición de marea del geoide (Sección 1.2) considerábamos la hipótesis de una Tierra rígida recubierta homogéneamente de un líquido sobre el que actuaban las fuerzas de marea. Pero la Tierra no es un cuerpo rígido y las fuerzas derivadas del potencial astronómico de marea producen tanto movimientos del mar (mareas oceánicas) como deformaciones de la Tierra sólida (mareas terrestres). Para estudiar la respuesta de la Tierra sólida a la acción de las fuerzas de marea es necesario establecer modelos que se aproximen a la realidad. Inicialmente, podemos considerar la Tierra como un cuerpo no oceánico con simetría esférica, no rotante, elástico e isótropo (SNREI, siglas de Spherically symmetric, Non-Rotating, Elastic, Isotropic; Agnew, 2015). Para este modelo, los parámetros de elasticidad y la densidad dependerán exclusivamente de la distancia radial r desde el centro de la Tierra.

1.4.2 Números de Love y Shida.

Puesto que el potencial de marea es desarrollable, como hemos visto, en serie de armónicos esféricos, la propiedad de ortogonalidad de dichas funciones (Press et al., 2007)

implica que los efectos de deformación debidos a dicho potencial pueden expresarse también como desarrollo en serie de armónicos, cumpliéndose además que cada uno de los términos de la deformación es proporcional al término del mismo grado del potencial de marea.

Si la superficie de la Tierra fuera indeformable y totalmente rígida, las fuerzas derivadas del potencial de marea no generarían ningún tipo de desplazamiento vertical sobre la misma. Si, por el contrario, la Tierra fuera infinitamente deformable (por ejemplo, estando recubierta en su totalidad por una capa de líquido), entonces la acción del potencial de marea se traduciría en un elevamiento vertical de la superficie equivalente a la altura de la marea de equilibrio. En cambio, para una Tierra elástica como la que define el modelo SNREI la elevación de la superficie estará en un punto intermedio entre 0 y la altura de la marea de equilibrio. Por tanto, si u_r es la componente radial del desplazamiento que sufre un punto de la superficie terrestre bajo las fuerzas derivadas del potencial de marea, se cumple que (Benavent, 2010)

$$u_r = \sum_{n=2}^{\infty} h_n \frac{U_n}{g_0}, \quad [1.63]$$

donde U_n es el potencial generador de marea de grado n , g_0 es el valor de la gravedad sobre la superficie de la Tierra y h_n es el factor de proporcionalidad (Love, 1909). En virtud de la expresión [1.34], podemos concluir que el desplazamiento vertical de la superficie causado por la marea terrestre es proporcional a la marea de equilibrio.

En cuanto a los desplazamientos laterales (horizontales) causados por el potencial de marea, pueden calcularse a partir de las fórmulas siguientes (Benavent, 2010):

$$u_{\phi} = \left(\frac{1}{g_0} \right) \sum_{n=2}^{\infty} l_n \frac{\partial U_n}{\partial \theta} \quad [1.64]$$

(componente lateral en la dirección NS), y

$$u_{\lambda} = \left(\frac{1}{g_0} \right) \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{l_n}{\sin \theta} \right) \frac{\partial U_n}{\partial \lambda} \quad [1.65]$$

(componente lateral en la dirección EW), donde θ es la colatitud ($= 90^\circ - \phi$) y l_n es la correspondiente constante de proporcionalidad (Shida, 1912).

Por otra parte, el potencial generador de mareas producirá una dilatación cúbica que en la superficie terrestre también será proporcional a la marea de equilibrio, pues tendrá la expresión (de Toro, 1989)

$$D = \sum_{n=2}^{\infty} f_n \frac{U_n}{g_0}, \quad [1.66]$$

siendo f_n el factor de proporcionalidad (Love, 1909).

Por último, la deformación elástica de la Tierra producida por el potencial de marea implica una redistribución de masas y una ruptura de la simetría esférica inicial, lo que a su vez produce una alteración en el potencial generador de mareas, al que ahora llamaremos U' , y que vendrá determinado por la expresión (Benavent, 2010)

$$U' = \sum_{n=2}^{\infty} k_n U_n, \quad [1.67]$$

donde k_n es el último de los factores de proporcionalidad definidos por Love (1909) para describir las propiedades elásticas de una Tierra que se ajusta al modelo SNREI. De hecho, cualquier fenómeno de deformación observado sobre la superficie de dicho modelo esférico puede describirse en función de una combinación lineal de los números de Love (1909) y Shida (1912) h_n , l_n y k_n .

Las dos combinaciones de números de Love y Shida más importantes son el factor gravimétrico o factor de amplitud de las mareas gravimétricas (Baker, 1984)

$$\delta_n = 1 + \frac{2}{n} h_n - \frac{n+1}{n} k_n, \quad [1.68]$$

y el factor clinométrico (Baker, 1984)

$$\gamma_n = 1 + k_n - h_n. \quad [1.69]$$

Los tres términos de la expresión [1.68] se corresponden de izquierda a derecha con el gradiente del potencial de marea, la variación de gravedad causada por el desplazamiento radial del observador, y la variación de gravedad producida por la redistribución de masas, de tal modo que la expresión (Benavent, 2010)

$$\Delta g = \sum_{n=2}^{\infty} \delta_n \frac{\partial U_n}{\partial r}, \quad [1.70]$$

evaluada sobre la superficie terrestre, determina las variaciones de la gravedad originadas por las fuerzas derivadas del potencial de marea para un modelo de Tierra SNREI (Melchior, 1983).

Análogamente, los términos de la expresión [1.69] se deben sucesivamente a la componente horizontal del gradiente del potencial de marea, al gradiente horizontal del potencial debido a la redistribución de masas, y a la inclinación de la superficie deformada, de modo que las variaciones clinométricas de la gravedad en las direcciones Norte – Sur y Este – Oeste vienen dadas por las expresiones (de Toro, 1989)

$$\Delta I^{NS} = \sum_{n=2}^{\infty} \gamma_n \left(-\frac{1}{rg_0} \frac{\partial U_n}{\partial \theta} \right), \quad [1.71]$$

y

$$\Delta I^{EW} = \sum_{n=2}^{\infty} \gamma_n \left(\frac{1}{rg_0 \sin \theta} \frac{\partial U_n}{\partial \lambda} \right), \quad [1.72]$$

evaluadas en la superficie de la Tierra.

Los modelos de Tierra SNREI se calculan a partir de los tiempos de llegada de las ondas sísmicas. En particular, el modelo 1066A (Gilbert y Dziewonski, 1975) utiliza en su construcción registros sísmicos globales. Utilizando un conjunto de datos más completo, Dziewonski y Anderson (1981) definen el modelo PREM (Preliminary Reference Earth Model), que incluye una capa oceánica. La simetría esférica que asumen estos modelos justifica (Baker, 1984) que para definir la respuesta de la Tierra sólida a las fuerzas derivadas del potencial de marea sea suficiente con emplear números de Love y Shida de orden bajo (normalmente basta con h_2 , l_2 y k_2). Puesto que estos factores de

proporcionalidad dependen fundamentalmente de los parámetros de elasticidad y densidad del modelo SNREI considerado, y no de la estructura de la corteza terrestre, los números de Love y Shida tendrán valores muy similares para los distintos modelos SNREI, con diferencias máximas en torno al 1% (Dehant, 1987).

1.4.3 Modelo de Wahr.

Para definir modelos de Tierra más próximos a la realidad, y que permitan definir con mayor precisión la respuesta de la Tierra sólida a las fuerzas derivadas del potencial de mareas, lo que se hace es partir de un modelo SNREI (el modelo PREM es el más utilizado para esta finalidad, aunque reemplazando su capa oceánica por material sólido) y modificarlo para incluir efectos como la rotación, la elipticidad de la Tierra o las heterogeneidades laterales. Así, Wahr (1981) define un modelo de Tierra en el que se consideran tanto la elipticidad como la rotación. En este modelo, la deformación producida por el potencial de marea vendrá definida por unos parámetros adimensionales, análogos a los números de Love y Shida pero dependientes de la latitud (al igual que los correspondientes factores gravimétricos y clinométricos) como consecuencia del aplanamiento de la Tierra, la fuerza centrífuga y la fuerza de Coriolis (Melchior et al., 1984; Mathews, 1998). La influencia de la latitud sobre los números de Love y Shida de este modelo es del orden de 10^{-3} (Benavent, 2010), y el efecto sobre el factor gravimétrico está en torno al 1% (Baker, 1984).

1.4.4 Modelo Wahr-Dehant-Zschau.

Hay que tener en cuenta, además, que la Tierra no es un cuerpo perfectamente elástico sino más bien viscoelástico, por lo que la anelasticidad del manto es otro factor a considerar. Esta anelasticidad suele describirse con un factor de calidad Q , que compara la energía elástica total almacenada con la que se ha disipado en el interior de la Tierra. El principal efecto de la anelasticidad es producir un retraso en el tiempo de la máxima deformación por marea, esto es, un desfase (Figura 1.6) que ralentiza la rotación de la Tierra y acelera a la Luna en su órbita (Baker, 1984). La energía de marea que se disipa (es decir, se absorbe por el medio) como consecuencia de la anelasticidad puede calcularse a partir de observaciones astronómicas de la aceleración de la Luna y mediciones precisas de la distancia Tierra – Luna, la cual aumenta en torno a 3.8 cm al año (Chapront et al.,

2002). Por otra parte, el modo de calcular los efectos de la anelasticidad del manto terrestre en la respuesta de la tierra sólida a las fuerzas derivadas del potencial de marea consiste en utilizar parámetros reológicos complejos (Dehant, 1987), lo que implica que tanto los números de Love como el factor gravimétrico tendrán una formulación compleja, en la que la parte imaginaria representa el desfase. Las Tablas 1.1, 1.2 y 1.3 muestran la formulación compleja del factor gravimétrico y de los números de Love h y k correspondiente al modelo de marea terrestre Wahr-Dehant-Zschau (Wahr 1981, Dehant 1987, Zschau y Wang 1987) definido para una Tierra elíptica, en rotación, sin océano, con núcleo externo líquido y manto anelástico. Este modelo se utilizará como referencia en las investigaciones referidas en el Capítulo 3. Como puede verse, la parte imaginaria es del orden de una milésima de la parte real, lo que significa que la disipación de la energía de mareas en la Tierra sólida es muy pequeña, ocurriendo la mayor parte de dicha disipación en los océanos (Baker, 1984).

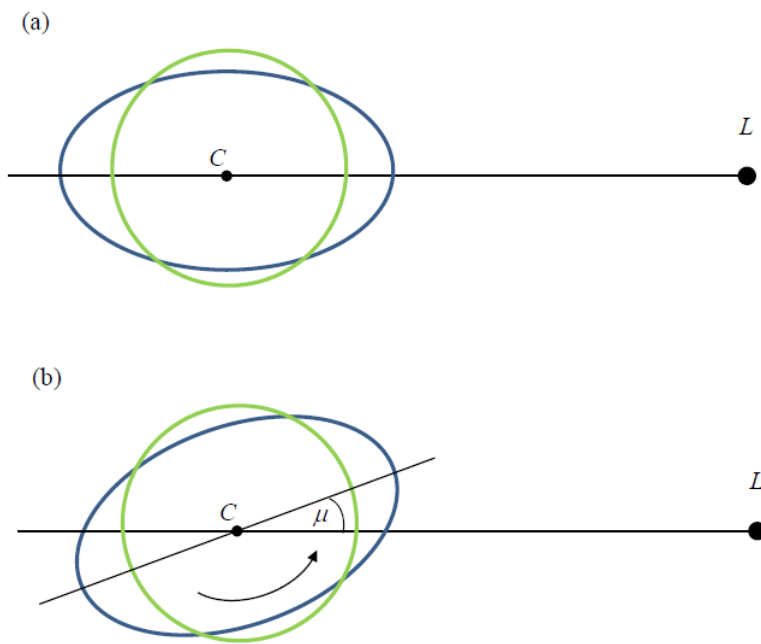


FIGURA 1.6: Deformación de la Tierra sólida como respuesta a las fuerzas derivadas del potencial de marea de la Luna (L): (a) En una Tierra perfectamente elástica, los dos abultamientos máximos producidos por la marea están alineados con el centro de la Luna y el centro C de la Tierra; (b) En una Tierra con manto anelástico, se produce un retraso en la respuesta de tal modo que la línea que forman los dos abultamientos máximos de la Tierra forma un ángulo μ con la línea que conecta la Luna con el centro C de la Tierra. (Basado en Baker, 1984).

<i>Ondas de marea</i>	δ_0^R	δ_0^I	δ'_+	δ'_-
O_1	1.1542	-0.0004	-0.0018	
M_2	1.1600	-0.0004	-0.0010	
N_2	1.1599	-0.0004	-0.0010	
M_f	1.1576	-0.0004	-0.0016	+0.0054
M_3	1.0728	-0.0002	-0.0010	
$(0,+) = \frac{3}{4\sqrt{5}} \frac{35\cos^4\theta - 30\cos^2\theta + 3}{3\cos^2\theta - 1}$			$(1) = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} (7\cos^2\theta - 3)$	
			$(2) = \frac{\sqrt{3}}{2} (7\cos^2\theta - 1)$	
$(0,-) = \frac{2}{\sqrt{5}} \frac{1}{3\cos^2\theta - 1}$			$(3) = \frac{\sqrt{11}}{4} (9\cos^2\theta - 1)$	

TABLA 1.1: Factor gravimétrico δ para el modelo de Tierra sólida Wahr-Dehant-Zschau (Wahr 1981, Dehant 1987, Zschau y Wang 1987) definido para una Tierra elíptica, en rotación, sin océano, con núcleo externo líquido y manto anelástico. δ_0^R y δ_0^I son respectivamente las componentes real e imaginaria de la parte constante de δ , mientras que δ'_+ y δ'_- son los coeficientes de las partes dependientes de la latitud. Para obtener el valor total de δ , δ'_+ debe multiplicarse por (1) en la banda diurna (onda O_1), por (2) en la banda semidiurna (ondas M_2 y N_2) y por (3) en la banda terciodiurna (onda M_3). Para la marea de largo periodo (M_f), δ'_+ debe multiplicarse por (0,+) y δ'_- por (0,-). El ángulo θ es la colatitud (Dehant, 1987).

<i>Ondas de marea</i>	h_0^R	h_0^I	h'_+	h'_-
O_1	0.6069	-0.0040	+0.0007	
M_2	0.6133	-0.0040	+0.0005	
N_2	0.6132	-0.0040	+0.0005	
M_f	0.6165	-0.0040	+0.0007	+0.0018
M_3	0.2946	-0.0013	+0.0003	
$(0,+) = \frac{3}{4\sqrt{5}} \frac{35\cos^4\theta - 30\cos^2\theta + 3}{3\cos^2\theta - 1}$			$(1) = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} (7\cos^2\theta - 3)$	
			$(2) = \frac{\sqrt{3}}{2} (7\cos^2\theta - 1)$	
$(0,-) = \frac{2}{\sqrt{5}} \frac{1}{3\cos^2\theta - 1}$			$(3) = \frac{\sqrt{11}}{4} (9\cos^2\theta - 1)$	

TABLA 1.2: Número de Love h para el modelo de Tierra sólida Wahr-Dehant-Zschau (Wahr 1981, Dehant 1987, Zschau y Wang 1987) definido para una Tierra elíptica, en rotación, sin océano, con núcleo externo líquido y manto anelástico. h_0^R y h_0^I son respectivamente las componentes real e imaginaria de la parte constante de h , mientras que h'_+ y h'_- son los coeficientes de las partes dependientes de la latitud. Para obtener el valor total de h , h'_+ debe multiplicarse por (1) en la banda diurna (onda O_1), por (2) en la banda semidiurna (ondas M_2 y N_2) y por (3) en la banda terciodiurna (onda M_3). Para la marea de largo periodo (M_f), h'_+ debe multiplicarse por (0,+) y h'_- por (0,-). El ángulo θ es la colatitud (Dehant, 1987).

<i>Ondas de marea</i>	k_0^R	k_0^I	k'_+	k'_-
O_1	0.3009	-0.0024	+0.0014	
M_2	0.3034	-0.0024	+0.0009	
N_2	0.3034	-0.0024	+0.0009	
M_f	0.3068	-0.0024	+0.0015	-0.0004
M_3	0.0942	-0.0005	+0.0007	
$(0,+) = \frac{3}{4\sqrt{5}} \frac{35\cos^4\theta - 30\cos^2\theta + 3}{3\cos^2\theta - 1}$				
$(1) = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} (7\cos^2\theta - 3)$				
$(2) = \frac{\sqrt{3}}{2} (7\cos^2\theta - 1)$				
$(0,-) = \frac{2}{\sqrt{5}} \frac{1}{3\cos^2\theta - 1}$				
$(3) = \frac{\sqrt{11}}{4} (9\cos^2\theta - 1)$				

TABLA 1.3: Número de Love k para el modelo de Tierra sólida Wahr-Dehant-Zschau (Wahr 1981, Dehant 1987, Zschau y Wang 1987) definido para una Tierra elíptica, en rotación, sin océano, con núcleo externo líquido y manto anelástico. k_0^R y k_0^I son respectivamente las componentes real e imaginaria de la parte constante de k , mientras que k'_+ y k'_- son los coeficientes de las partes dependientes de la latitud. Para obtener el valor total de k , k'_+ debe multiplicarse por (1) en la banda diurna (onda O_1), por (2) en la banda semidiurna (ondas M_2 y N_2) y por (3) en la banda terciodiurna (onda M_3). Para la marea de largo periodo (M_f), k'_+ debe multiplicarse por (0,+) y k'_- por (0,-). El ángulo θ es la colatitud (Dehant, 1987).

Los números de Love y Shida también estarán afectados por la frecuencia debida a la Nutación Libre del Núcleo (Free Core Nutation o FCN) (Baker, 1984). En efecto, la presión que ejerce el núcleo líquido de la Tierra sobre la frontera elíptica del manto como consecuencia del hecho de que su eje de rotación no coincide con el eje de rotación del manto produce un modo de oscilación libre (FCN), con un periodo de 461 días sidéreos, en el cual el núcleo líquido experimentará una precesión retrógrada de su eje de rotación. Esto se traduce en una frecuencia de resonancia en la marea diurna que afectará a los números de Love y Shida, los cuales deberán expresarse en función de la frecuencia w . Otros procesos de nutación que afectan a los números de Love y Shida en la banda diurna son el bamboleo de Chandler, que tiene una duración de 433 días (Gross, 2000) y la nutación prograda del Núcleo Interno de la Tierra (Free Inner Core Nutation, FICN), cuya duración se estima entre 930 y 1140 días (Mathews et al., 2002).

La influencia conjunta de estas frecuencias en los números de Love y Shida podemos expresarla con la ecuación (McCarthy y Petit, 2003):

$$L(w) = L(w_{O_1}) + \sum_{\alpha=1}^3 \frac{L_{\alpha}}{(w - w_{\alpha})}, \quad [1.73]$$

donde L es cualquier número de Love o Shida de la banda diurna (como h_{2I} , l_{2I} y k_{2I}), w_{O_1} es la frecuencia resonante correspondiente a la onda de marea O_1 , L_{α} son los coeficientes de resonancia constantes y w_{α} ($\alpha = 1, 2, 3$) son las frecuencias de resonancia que se corresponden respectivamente con el bamboleo de Chandler, la nutación libre retrógrada FCN y la nutación libre prograda FICN.

1.4.5 Modelo Dehant-Defraigne-Wahr.

En los modelos de Tierra sólida que se han revisado hasta ahora se parte de la hipótesis de que la Tierra se encuentra en equilibrio hidrostático auto-gravitacional, es decir, que la fuerza derivada de su propio potencial gravífico está equilibrada con su presión interna. Para una Tierra en rotación, eso significa que se satisfacen (Chambat et al., 2010) la ecuación de Poisson

$$\nabla^2 W = 4\pi G \rho - 2\bar{\Omega}^2, \quad [1.74]$$

y la ecuación del equilibrio hidrostático

$$\nabla p = -\rho \nabla W. \quad [1.75]$$

En estas expresiones, W es el potencial gravífico suma del potencial gravitatorio V y el potencial centrífugo Φ , G es la constante de la gravitación universal, ρ es la densidad, p es la presión y $\bar{\Omega}$ es el vector de rotación. Además, ∇W denota al gradiente del potencial gravífico (Benavent, 2010):

$$\nabla W = \left(\frac{\partial W}{\partial x}, \frac{\partial W}{\partial y}, \frac{\partial W}{\partial z} \right), \quad [1.76]$$

y $\nabla^2 W$ es el laplaciano (Benavent, 2010):

$$\nabla^2 W = \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2}, \quad [1.77]$$

siendo $\{x, y, z\}$ un sistema de coordenadas rectangulares y entendiendo el potencial W como una función escalar $W = W(x, y, z)$.

El modelo Dehant-Defraigne-Wahr (Dehant et al., 1999) anelástico y no hidrostático, conocido como DDW anelástico, es el primero que proporciona valores de los factores gravimétricos y de los números de Love teniendo en cuenta los efectos de estructura elíptica no hidrostática en el interior de la Tierra. Asumir la condición de equilibrio hidrostático implica tener que considerar un aplanamiento del núcleo de la Tierra que resulta ser un 5% menor que el deducido por las observaciones (Gwinn et al., 1986), lo que a su vez implica que la frecuencia de la nutación FCN deducida (- (1 + (1/458)) ciclos por día sidéreo; Dehant et al., 1999) tampoco coincide con la que se infiere de las observaciones (- (1 + (1/432)) ciclos por día sidéreo; Neuberg et al., 1987). Esto hace que las predicciones de parámetros de marea en la banda diurna no coincidan con los valores observados. En cambio, el modelo DDW anelástico sí resulta consistente con los valores observados de la frecuencia de resonancia FCN y del aplanamiento del núcleo.

Para lograr ese objetivo, Dehant et al. (1999) consideran un modelo convectivo de Tierra, en el que la convección del manto se modela con dos fronteras de transición de fase, una exotérmica a los 400 km de profundidad y otra endotérmica a los 670 km de profundidad. La frontera entre el núcleo interno y el externo, la que separa el núcleo del manto y la definida por la superficie terrestre se consideran fronteras químicas, en el sentido de que no hay transporte de material a través de ellas. Estas fronteras de transición de fase ya no van a ser equipotenciales o de iguales propiedades reológicas, como sí lo son en un modelo de Tierra en equilibrio hidrostático. De este modo se obtiene el campo del potencial de la gravedad en cualquier parte del interior de la Tierra, así como la redistribución de masas no hidrostática en el núcleo interno, el núcleo externo y la litosfera. Dehant et al. (1999) calculan los números de Love y los factores gravimétricos (Tabla 1.4) para este modelo no hidrostático, asumiendo un factor Q de atenuación anelástica de las ondas sísmicas que varía con la frecuencia w de dichas ondas, siendo proporcional a $w^{0.15}$.

<i>Ondas de marea</i>	δ_0	δ_+	δ_-
<i>Ondas de largo periodo</i>			
18.6	1.16144	0.00013	-0.00121
Sa	1.15924	0.00013	-0.00119
Ssa	1.15884	0.00013	-0.00119
Msm	1.15800	0.00013	-0.00119
Mm	1.15794	0.00013	-0.00119
Msf	1.15770	0.00013	-0.00118
Mf	1.15767	0.00013	-0.00118
Mstm	1.15754	0.00013	-0.00118
Mtm	1.15753	0.00013	-0.00118
Msqm	1.15744	0.00013	-0.00118
Mqm	1.15743	0.00013	-0.00118
<i>Ondas diurnas</i>			
σQ_1	1.15403	0.00009	
Q_1	1.15425	0.00009	
ρ_1	1.15426	0.00009	
O_1	1.15424	0.00008	
P_1	1.14915	-0.00010	
K_1	1.13489	-0.00057	
ψ_1	1.26977	0.00388	
ϕ_1	1.17029	0.00060	
OO_1	1.15627	0.00013	
<i>Ondas semidiurnas</i>			
M_2	1.16172	0.00010	
<i>Ondas terciodiurnas</i>			
M_3	1.07338	0.00006	
$(0,+) = \frac{3}{4\sqrt{5}} \frac{35\cos^4\theta - 30\cos^2\theta + 3}{3\cos^2\theta - 1}$		$(1) = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} (7\cos^2\theta - 3)$	
		$(2) = \frac{\sqrt{3}}{2} (7\cos^2\theta - 1)$	
$(0,-) = \frac{2}{\sqrt{5}} \frac{1}{3\cos^2\theta - 1}$		$(3) = \frac{\sqrt{11}}{4} (9\cos^2\theta - 1)$	

TABLA 1.4: Factor gravimétrico δ para el modelo de Tierra sólida DDW (Dehant et al., 1999) definido para una Tierra elíptica, no hidrostática, en rotación, sin océano, con núcleo externo líquido y manto anelástico (sólo las ondas más importantes). δ_0 es la parte constante de δ , mientras que δ'_+ y δ'_- son los coeficientes de las partes dependientes de la latitud. Para obtener el valor total de δ , δ'_+ debe multiplicarse por (1) en la banda diurna, por (2) en la banda semidiurna y por (3) en la banda terciodiurna. Para la marea de largo periodo δ'_+ debe multiplicarse por (0,+) y δ'_- por (0,-). El ángulo θ es la colatitud (Dehant et al., 1999).

1.5 Marea Oceánica.

Dado un punto de coordenadas geográficas (ϕ, λ) y un instante de tiempo t_0 , podemos definir la marea oceánica ζ_{mo} como la elevación de la superficie del océano con respecto a su posición media debido a las fuerzas derivadas del potencial de marea. En la Sección 1.2 aproximábamos la Tierra por un cuerpo rígido recubierto por un océano de profundidad uniforme de baja densidad, con el fin de calcular la marea de equilibrio. Naturalmente, esta marea de equilibrio es mucho más fácil de formular que la verdadera marea oceánica, que está influida por una gran cantidad de factores, entre los que se cuentan la topografía del fondo oceánico, la geometría de las zonas costeras o la fuerza de Coriolis. Los dos métodos más conocidos para analizar las observaciones de marea oceánica son el método de análisis armónico y el método de análisis de respuesta.

1.5.1 Análisis armónico.

El método de análisis armónico parte de la hipótesis de que la marea oceánica ζ_{mo} puede expresarse como una suma de un número K de términos independientes de marea, asociándose cada uno de ellos a una periodicidad concreta de la fuerza derivada del potencial de mareas. La expresión final (Smith, 1999) queda en la forma:

$$\zeta_{mo} = \sum_{k=1}^K f_k A_k(\phi, \lambda) \cos[\Theta_k + \chi_k - G_k(\phi, \lambda) + u_k]. \quad [1.78]$$

Las constantes armónicas $A_k(\phi, \lambda)$ y $G_k(\phi, \lambda)$ son, respectivamente, la amplitud y el desfase con respecto a la marea de equilibrio en Greenwich correspondientes al término k -ésimo. Los coeficientes f_k y u_k son los factores de corrección nodal en amplitud y fase, necesarios porque la amplitud de la declinación lunar varía lentamente a lo largo del periodo nodal de 18,61 años, como consecuencia del hecho de que el plano de la órbita lunar rota lentamente definiendo un movimiento de precesión sobre el equinoccio. Estos parámetros nodales f_k y u_k pueden calcularse a partir del potencial astronómico (Plag, 1985). Los factores χ_k se llaman correcciones de fase aditivas, y son múltiplos de 90° con el fin de conseguir que en [1.78] solamente aparezca la función coseno de acuerdo con la convención de Doodson y Warburg (Petit y Luzum, 2010). Por último, Θ_k es el

argumento astronómico en Greenwich para el constituyente k -ésimo, y es simplemente la combinación de variables de Doodson

$$\Theta_k = m\tau + As + Bh + Cp + DN' + Ep_s. \quad [1.79]$$

En la expresión [1.78] todos los parámetros pueden calcularse a partir del desarrollo del potencial de marea, salvo los coeficientes armónicos $A_k(\phi, \lambda)$ y $G_k(\phi, \lambda)$. El objetivo del análisis armónico es determinar estas constantes a través de un procedimiento de mínimos cuadrados. A tal fin, la expresión [1.78] se reescribe como (Smith, 1999)

$$\zeta_{mo} = \sum_{k=1}^K f_k C_k(\phi, \lambda) \cos[\Theta_k + \chi_k + u_k] + f_k S_k(\phi, \lambda) \sin[\Theta_k + \chi_k + u_k]. \quad [1.80]$$

Esto permite estimar una constante armónica $C_k(\phi, \lambda)$ para el coseno y otra $S_k(\phi, \lambda)$ para el seno, que se relacionan con la amplitud $A_k(\phi, \lambda)$ y el desfase $G_k(\phi, \lambda)$ mediante las fórmulas

$$\begin{cases} A_k(\phi, \lambda) = \sqrt{C_k^2(\phi, \lambda) + S_k^2(\phi, \lambda)}, \\ G_k(\phi, \lambda) = \arctan\left(\frac{S_k(\phi, \lambda)}{C_k(\phi, \lambda)}\right). \end{cases} \quad [1.81]$$

1.5.2 Análisis de respuesta.

Dado un sistema lineal, una función de entrada $f_e(t)$ y una función de salida $f_s(t)$ están mutuamente relacionadas mediante la fórmula (Zetler, 1982)

$$f_s(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_e(t - \tau) w_{es}(\tau) d\tau + \text{ruido}(t), \quad [1.82]$$

donde $w_{es}(\tau)$ es la respuesta de impulso del sistema, cuya transformada de Fourier (Benavent, 2010)

$$Z_{es}(\dot{\Theta}) = \int_{-\infty}^{\infty} w_{es}(t) e^{-i\dot{\Theta}t} dt \quad [1.83]$$

es la función de transferencia del sistema (valores de salida coherentes con los valores de entrada) para la frecuencia $\dot{\Theta}$. Partiendo de este principio, el método de análisis de respuesta (Munk y Cartwright, 1966) relaciona la marea de equilibrio en Greenwich $\hat{c}_{nm}(t)$ para el término del potencial de marea de grado n y orden m (función de entrada) con su correspondiente elevación de la marea oceánica ζ_{mo} para un punto de coordenadas geográficas (ϕ, λ) y un instante de tiempo t (función de salida) por medio de una función peso de respuesta impulso w_{nm} . Por tanto, ζ_{mo} puede escribirse como la convolución de la marea de equilibrio con la función peso (Benavent, 2010) del modo:

$$\zeta_{mo} = \text{Re} \left\{ \sum_{m=0}^2 \hat{c}_{2m}(t) * w_{2m}(\phi, \lambda, t) \right\} = \text{Re} \left\{ \sum_{m=0}^2 \int_{-\infty}^{\infty} \hat{c}_{2m}(t-\tau) w_{2m}(\phi, \lambda, \tau) d\tau \right\}. \quad [1.84]$$

Para simplificar, se considera únicamente en esta expresión el potencial de marea de grado $n = 2$ y órdenes $m = 0, 1, 2$. En la expresión [1.84], $\text{Re}\{\cdot\}$ indica la parte real y $*$ es el operador convolución. La marea de equilibrio en Greenwich tendrá forma de conjugado complejo (Benavent, 2010)

$$\hat{c}_{2m}(t) = a_{2m}(t) - ib_{2m}(t), \quad [1.85]$$

(donde $a_{2m}(t)$ es la componente real y $b_{2m}(t)$ la imaginaria), mientras que la función peso es (Benavent, 2010)

$$w_{2m}(\phi, \lambda, t) = \sum_{s=-S}^S w_{2ms}(\phi, \lambda) \delta(t - s\Delta t), \quad [1.86]$$

siendo δ la función delta de Dirac, Δt el desfase en relación con la marea de equilibrio (normalmente se trabaja con $\Delta t = 2$ días), S el número de pesos respuesta que se utilizan (normalmente uno o dos) y $w_{2ms}(\phi, \lambda)$ los mencionados pesos respuesta, que también pueden expresarse en la forma compleja (Benavent, 2010)

$$w_{2ms}(\phi, \lambda) = u_{2ms}(\phi, \lambda) + iv_{2ms}(\phi, \lambda). \quad [1.87]$$

De este modo, el método de respuesta interpreta la altura de la marea oceánica como una suma ponderada de valores pasados y futuros de la marea de equilibrio. Concretamente, si sustituimos [1.85] y [1.87] en [1.84] se obtiene (Benavent, 2010)

$$\zeta_{mo} = \sum_{m=0}^2 \sum_{s=-S}^S [a_{2m}(t - s\Delta t)u_{2ms}(\phi, \lambda) + b_{2m}(t - s\Delta t)v_{2ms}(\phi, \lambda)]. \quad [1.88]$$

Los pesos respuesta u_{2ms} y v_{2ms} en la expresión [1.88] se determinarán a partir de las observaciones mediante un proceso de mínimos cuadrados. Nótese que la transformada de Fourier de la función peso $w_{2m}(\phi, \lambda, t)$ definirá una función de transferencia (Benavent, 2010)

$$Z_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda) = \int_{-\infty}^{\infty} w_{2m}(\phi, \lambda, t) e^{-i\dot{\Theta}_k t} dt \quad [1.89]$$

para cada constituyente de marea con frecuencia $\dot{\Theta}_k$. Lo que representa esta función de transferencia $Z_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda)$ es la respuesta de la superficie oceánica a la fuerza de marea para cada punto de coordenadas (ϕ, λ) y cada frecuencia $\dot{\Theta}_k$. Por último, sustituyendo [1.86] y [1.87] en [1.89] llegamos a (Benavent, 2010)

$$Z_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda) = \sum_{s=-S}^S (u_{2ms}(\phi, \lambda) + iv_{2ms}(\phi, \lambda)) e^{-i\dot{\Theta}_k s\Delta t}. \quad [1.90]$$

La función de transferencia $Z_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda)$ se relaciona con la amplitud $A_k(\phi, \lambda)$ y el desfase $G_k(\phi, \lambda)$ del método de análisis armónico (ecuaciones [1.80] y [1.81]) mediante las expresiones (Smith, 1999)

$$A_k(\phi, \lambda) = |H_{2,m}^k| \cdot |Z_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda)| \quad [1.91]$$

y

$$G_k(\phi, \lambda) = \begin{cases} \pi - \arctan\left(\frac{Y_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda)}{X_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda)}\right), & m = 0 \\ m\pi - \arctan\left(\frac{Y_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda)}{X_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda)}\right), & m = 1, 2 \end{cases} \quad [1.92]$$

$H_{2,m}^k$ es la amplitud de la marea de equilibrio tal y como está tabulada por Cartwright y Tayler (1971) y Cartwright y Edden (1973), y las funciones $X_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda)$ e $Y_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda)$ son, respectivamente, la parte real y la parte imaginaria de la función compleja $Z_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda)$, formulándose de la siguiente manera (Benavent, 2010):

$$X_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda) = \sum_{s=-S}^S \left[u_{2ms}(\phi, \lambda) \cos(\dot{\Theta}_k s \Delta t) + v_{2ms}(\phi, \lambda) \sin(\dot{\Theta}_k s \Delta t) \right], \quad [1.93]$$

$$Y_{2m}(\dot{\Theta}_k, \phi, \lambda) = \sum_{s=-S}^S \left[v_{2ms}(\phi, \lambda) \cos(\dot{\Theta}_k s \Delta t) - u_{2ms}(\phi, \lambda) \sin(\dot{\Theta}_k s \Delta t) \right]. \quad [1.94]$$

Una desventaja de la formalización del método de análisis de respuesta tal como se ha descrito es que las funciones a_{2m} y b_{2m} en la ecuación [1.88] no son necesariamente ortogonales. Esto significa (Smith, 1999) que dos análisis de una misma banda, ejecutados en la misma estación pero a lo largo de diferentes periodos de tiempo, darán pesos distintos. Para obtener pesos realmente característicos de cada banda, Groves y Reynolds (1975) introducen el concepto de las funciones ortomarea, reformulando [1.88] como (Benavent, 2010)

$$\zeta_{mo} = \sum_{m=0}^2 \sum_{j=0}^{2S} [P_j^m(t) U_j^m(\phi, \lambda) + Q_j^m(t) V_j^m(\phi, \lambda)], \quad [1.95]$$

donde las funciones ortomarea $P_j^m(t)$ y $Q_j^m(t)$ son combinaciones lineales de los términos $a_{2m}(t - s\Delta t)$ y $b_{2m}(t - s\Delta t)$ que satisfacen que dos funciones cualesquiera del conjunto $\{P_i^m(t), P_j^m(t), Q_i^m(t), Q_j^m(t)\}$ son ortogonales de forma aproximada (Cartwright y Ray,

1990). Los ortopesos $U_j^m(\phi, \lambda)$ y $V_j^m(\phi, \lambda)$ se calculan mediante mínimos cuadrados. Esta formulación del método de análisis de respuesta es la más utilizada.

1.5.3 Efecto oceánico indirecto.

Veíamos en la Sección 1.3 que, suponiendo una Tierra rígida, el potencial astronómico de mareas puede escribirse como una suma infinita de armónicos esféricos del tipo

$$H_i = A_i f(\omega_i t + \varphi_i), \quad [1.96]$$

donde A_i es la amplitud del armónico i -ésimo de orden n y grado m , f es la función seno o coseno en función de si $n + m$ es par o impar, ω_i es la frecuencia del armónico y φ_i la fase inicial.

Entonces, para cada onda de marea, podemos comparar la amplitud observada A_o con la amplitud de la marea astronómica (a la que llamaremos A_a) de tal modo que la razón (Ducarme, 2012)

$$\delta_i = \frac{A_o}{A_a} \quad [1.97]$$

es el factor de amplitud de la onda i -ésima. Y también podemos calcular el desfase o diferencia entre fases (Ducarme, 2012)

$$\alpha_i = \varphi_o - \varphi_a, \quad [1.98]$$

donde φ_o es la fase observada y φ_a la fase astronómica. Estos factores de marea δ_i , α_i para cada onda i constituyen la diferencia entre la marea observada y la marea teórica que se deriva del potencial astronómico. Para una Tierra sólida el factor de amplitud δ debería estar en torno a 1.16 y el desfase α en torno a 0° . Sin embargo, en un estudio de Baker y Lennon (1976) realizado a lo largo de Europa, se comprobó que δ podía variar entre 1.13 y 1.31, mientras que α oscilaba entre -4.9° y 1.1° . Esta dispersión de resultados se debe al

efecto indirecto de carga oceánica. Es decir, que el movimiento de las masas de agua causado por las mareas oceánicas produce cambios en el campo de gravedad de la Tierra, al mismo tiempo que la carga de agua produce desplazamientos verticales del fondo oceánico. De acuerdo con Farrell (1972) podemos calcular la deformación por carga oceánica a partir de los siguientes pasos:

- 1) Cálculo de los números de Love de carga. A diferencia de los números de Love descritos en la sección 1.4, estos números de Love de carga están relacionados con las condiciones de frontera de una carga de masa en superficie. Su valor depende del radio r y el grado n .
- 2) Cálculo de las funciones de Green. Estas funciones se construyen a partir de sumas ponderadas de los números de carga de Love.
- 3) Cálculo del efecto de carga. Para las constituyentes de marea que estemos estudiando, se diseña una carta de marea oceánica sobre una cuadrícula a la que a cada celda se le asigna una amplitud y una fase. La convolución de todas las celdas con una función de Green nos proporciona el efecto de carga correspondiente a dicha función.

1.5.3.1 Cálculo de los números de Love de carga.

Supongamos un modelo de Tierra SNREI con gravitación, en equilibrio hidrostático, con núcleo interno sólido, núcleo externo líquido y manto elástico. Supongamos además homogeneidad lateral pero heterogeneidad radial, de tal modo que la elasticidad, la densidad y la gravedad están en función del radio r . Entonces, si sometemos el modelo a la carga de una masa puntual unitaria en superficie, tanto el vector desplazamiento \bar{s} como el potencial perturbador Γ pueden expandirse en serie de armónicos esféricos de acuerdo con las expresiones (Jentzsch, 1997):

$$\bar{s} = \sum_{n=0}^{\infty} \left(U_n(r) P_n(\cos \vartheta) \bar{e}_r + V_n(r) \frac{\partial P_n(\cos \vartheta)}{\partial \vartheta} \bar{e}_\vartheta \right) \quad [1.99]$$

y

$$\Gamma = \sum_{n=0}^{\infty} \Gamma_n(r) P_n(\cos \vartheta), \quad [1.100]$$

donde ϑ es la distancia angular entre el punto de observación y el punto de la superficie terrestre sobre el que se aplica la carga, P_n son los polinomios de Legendre, \bar{e}_r es el vector unitario en la dirección radial y \bar{e}_ϑ es el vector unitario en la dirección tangencial. Los coeficientes armónicos de las componentes radial y tangencial del desplazamiento son, respectivamente, $U_n(r)$ y $V_n(r)$, mientras que $\Gamma_n(r)$ son los coeficientes armónicos del potencial perturbador Γ , el cual puede descomponerse como (Jentzsch, 1997)

$$\Gamma = \Gamma_1 + \Gamma_2, \quad [1.101]$$

siendo Γ_1 el potencial debido a la redistribución de masas y la ruptura de la simetría esférica inicial y Γ_2 el potencial de la masa de carga aplicada. Esto es así porque, al suponer la condición de elasticidad, la carga puntual sobre la superficie no sólo genera su propio potencial gravitatorio sino también dos efectos intrínsecamente relacionados: un hundimiento de la superficie terrestre por la presión de la carga, y una variación en el potencial gravitatorio causada por esta redistribución de las masas.

Entonces, en analogía con las ecuaciones [1.63], [1.64], [1.65] y [1.67] que definían los números de Love y Shida h_n , l_n y k_n que caracterizaban las deformaciones de una Tierra elástica debidas al potencial astronómico de marea, estos números de Love de carga (a los que designaremos con la nomenclatura h'_n , l'_n y k'_n para diferenciarlos) pueden definirse a partir de (Jentzsch, 1997) las expresiones:

$$\begin{cases} U_n(R_T) = \frac{\Gamma_{2,n}(R_T) h'_n}{g_0} \\ V_n(R_T) = \frac{\Gamma_{2,n}(R_T) l'_n}{g_0} \\ \Gamma_{1,n}(R_T) = \Gamma_{2,n}(R_T) k'_n \end{cases} \quad [1.102]$$

donde R_T es el radio de la Tierra, g_0 es el módulo del vector gravedad en superficie y

$$\Gamma_{2,n}(R_T) = \frac{R_T g_0}{M_T}, \quad [1.103]$$

con M_T = Masa de la Tierra.

Mientras que para el potencial de marea suele ser suficiente con desarrollar los grados $n = 2$ y $n = 3$, Farrell (1972) considera que para los cálculos de la marea de carga oceánica es necesario utilizar números de Love de carga hasta el grado 10000.

1.5.3.2 Cálculo de las funciones de Green.

Las funciones de Green dependen del radio r y la distancia angular \mathcal{G} , y se construyen mediante sumas ponderadas de los números de Love de carga y los armónicos esféricos. Las funciones de Green básicas se corresponden con el potencial perturbador y con las dos componentes (radial y tangencial) del desplazamiento.

En lo que se refiere al potencial, de [1.100], [1.101] y [1.102] se deduce que la carga de una masa puntual dm sobre la superficie terrestre producirá una variación del potencial que, en un punto P de la superficie a una distancia angular \mathcal{G} de la mencionada masa puntual (Ver Fig. 1.7) será (Benavent, 2010)

$$\Gamma = \Gamma_1 + \Gamma_2 = dm \sum_{n=0}^{\infty} \Gamma_{2,n}(R_T)(1 + k'_n)P_n(\cos \mathcal{G}). \quad [1.104]$$

Entonces, la función de Green para la variación en el potencial gravitatorio es (Benavent, 2010)

$$G_T(\mathcal{G}) \equiv \frac{\Gamma(\mathcal{G})}{dm} = \sum_{n=0}^{\infty} \Gamma_{2,n}(R_T)(1 + k'_n)P_n(\cos \mathcal{G}). \quad [1.105]$$

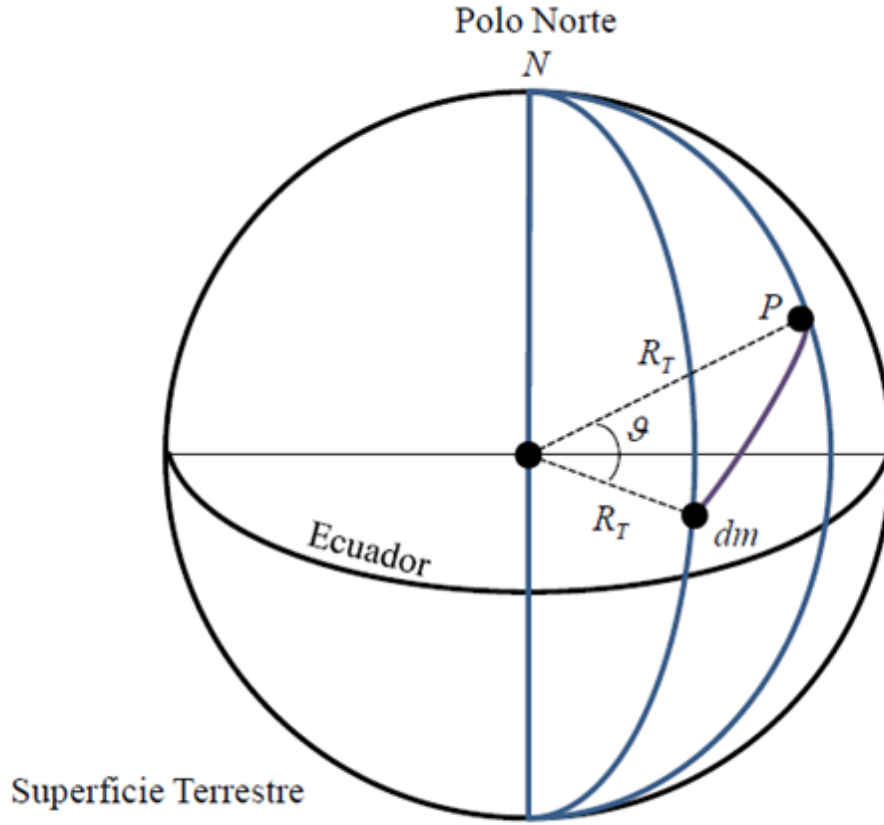


FIGURA 1.7: Distancia angular ϑ que separa un punto de observación P sobre la superficie terrestre de un elemento puntual de masa dm que ejerce una carga sobre la superficie.

Si tenemos en cuenta además que el desplazamiento vertical genera otro potencial indirecto $h'_n \Gamma_{2,n}(R_T)$ y utilizamos el valor de $\Gamma_{2,n}(R_T)$ dado en [1.103], entonces la función de Green adoptará la forma (Benavent, 2010)

$$G_\Gamma(\vartheta) \equiv \sum_{n=0}^{\infty} \Gamma_{2,n}(R_T)(1+k'_n-h'_n)P_n(\cos \vartheta) = g_0 \left(\frac{R_T}{M_T} \right) \sum_{n=0}^{\infty} (1+k'_n-h'_n)P_n(\cos \vartheta). \quad [1.106]$$

La función de Green para el desplazamiento radial (al que llamaremos u_r como en la sección 1.4.2) puede obtenerse como serie de polinomios de Legendre sustituyendo [1.102] en [1.99] y aplicando después [1.103]. Entonces (Jentzsch, 1997),

$$u_r(\vartheta) = \left(\frac{R_T}{M_T} \right) \sum_{n=0}^{\infty} h'_n P_n(\cos \vartheta). \quad [1.107]$$

Puesto que para valores grandes de n los factores h'_n , nl'_n y nk'_n se vuelven constantes, podemos utilizar el límite asintótico de h'_n (al que llamaremos h'_∞) en la expresión [1.107], y entonces (Jentzsch, 1997)

$$u_r(\vartheta) = \left(\frac{R_T}{M_T} \right) h'_\infty \sum_{n=0}^{\infty} P_n(\cos \vartheta) + \left(\frac{R_T}{M_T} \right) \sum_{n=0}^N (h'_n - h'_\infty) P_n(\cos \vartheta), \quad [1.108]$$

siendo N el grado tal que $(h'_n - h'_\infty) = 0$ para $n > N$. Farrell (1972) consideraba $N = 10^4$.

Utilizando la solución exacta para el primer término, que se calcula a partir de la suma de series de Legendre (ver ecuación [A.10], Apéndice A) resulta (Jentzsch, 1997)

$$u_r(\vartheta) = \left(\frac{R_T}{2M_T \operatorname{sen}\left(\frac{z}{2}\right)} \right) h'_\infty + \left(\frac{R_T}{M_T} \right) \sum_{n=0}^N (h'_n - h'_\infty) P_n(\cos \vartheta). \quad [1.109]$$

Análogamente, la función de Green para el desplazamiento tangencial u_g puede obtenerse sustituyendo [1.102] en [1.99] y teniendo en cuenta después la expresión [1.103], de tal modo que (Jentzsch, 1997)

$$u_g(\vartheta) = \left(\frac{R_T}{M_T} \right) \sum_{n=1}^{\infty} l'_n \frac{\partial P_n(\cos \vartheta)}{\partial \vartheta}. \quad [1.110]$$

Nótese que el sumatorio comienza a partir de $n = 1$ ya que $P_0(\cos \vartheta) = 1$ y su derivada es 0. Al igual que en el caso del desplazamiento radial, podemos utilizar el valor asintótico nl'_∞ del número de Love de carga l' . Por tanto, (Jentzsch, 1997)

$$u_g(\vartheta) = \left(\frac{R_T}{M_T} \right) l'_\infty \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{\partial P_n(\cos \vartheta)}{\partial \vartheta} + \left(\frac{R_T}{M_T} \right) \sum_{n=1}^N \frac{nl'_n - l'_\infty}{n} \frac{\partial P_n(\cos \vartheta)}{\partial \vartheta}, \quad [1.111]$$

donde N es el número entero que satisface que para todo $n > N$ resulta $nl'_n - l'_\infty = 0$. El primer término de [1.111] tiene solución exacta a partir de la suma de series de Legendre (ver ecuación [A.14], Apéndice A). Entonces, (Jentzsch, 1997)

$$u_g(\vartheta) = \frac{R_T}{M_T} \left(-l'_\infty \frac{\cos\left(\frac{\vartheta}{2}\right) \left(1 + 2\operatorname{sen}\left(\frac{\vartheta}{2}\right)\right)}{2\operatorname{sen}\left(\frac{\vartheta}{2}\right) \left(1 + \operatorname{sen}\left(\frac{\vartheta}{2}\right)\right)} + \sum_{n=1}^N \frac{nl'_n - l'_\infty}{n} \frac{\partial P_n(\cos \vartheta)}{\partial \vartheta} \right). \quad [1.112]$$

Una vez calculada la función de Green para el desplazamiento tangencial, podemos obtener las fórmulas correspondientes al desplazamiento Norte-Sur y al desplazamiento Este-Oeste (Benavent, 2010):

$$u_{NS}(\vartheta) = -\cos(a_z) \cdot u_g(\vartheta), \quad [1.113]$$

$$u_{EO}(\vartheta) = -\operatorname{sen}(a_z) \cdot u_g(\vartheta), \quad [1.114]$$

donde a_z es el azimut (medido desde el Norte) que va desde el punto de observación hasta el punto donde se encuentra el elemento puntual de masa (ver Figura 1.8).

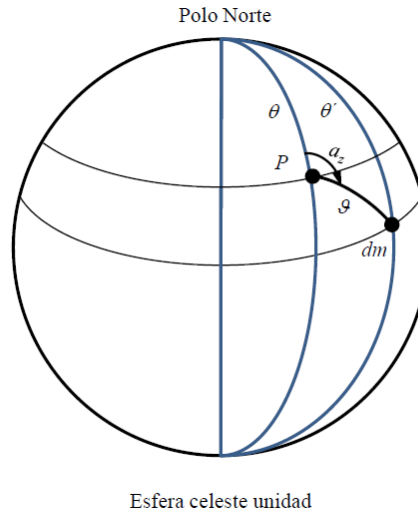


FIGURA 1.8: a_z es el ángulo acimutal (medido desde el Norte) que separa el punto de observación P del elemento puntual de masa dm que ejerce una carga sobre la superficie terrestre (ambos puntos proyectados sobre una esfera celeste de radio unidad). Las colatitudes de los puntos P y dm son θ y θ' , respectivamente. ϑ es la distancia angular entre P y dm (basado en Benavent, 2010).

1.5.3.3 Cálculo del efecto de carga oceánica de marea.

Supongamos un punto de observación P sobre la superficie terrestre, cuyo vector de posición es \bar{r} , y una masa puntual dm que ejerce una carga sobre un punto de la superficie definido por un vector de posición \bar{r}' . Entonces, el efecto de carga que produce la masa dm sobre el punto P vendrá dado por (Benavent, 2010):

$$dL = \wp(|\bar{r} - \bar{r}'|) dm, \quad [1.115]$$

donde \wp es la función de Green correspondiente al efecto que se considere (potencial, desplazamiento, etc.). Suponiendo ahora que la masa dm ocupa un volumen dV de densidad ρ_w , entonces la integral de convolución

$$L = \int \wp(|\bar{r} - \bar{r}'|) dm, \quad [1.116]$$

describe el efecto total ejercido por la carga. Si queremos extender la integral al conjunto de todos los océanos (Λ), tendremos que definir el elemento de masa dm en función del elemento de área de superficie $d\Lambda$, es decir (Benavent, 2010),

$$dm = \rho_w dV = \rho_w \zeta d\Lambda, \quad [1.117]$$

donde ρ_w es ahora la densidad del agua de mar, y ζ es la altura de la marea oceánica. Por tanto (Jentzsch, 1997),

$$L(\bar{r}) = \rho_w \iint_{\Lambda} \zeta(\bar{r}') \wp(|\bar{r} - \bar{r}'|) d\Lambda. \quad [1.118]$$

En la práctica, la integración sobre el océano se sustituye por una suma a lo largo de las celdas de la cuadrícula de la carta de marea oceánica con la que se esté trabajando. Los modelos oceánicos proporcionan los factores de marea δ_i , α_i para las distintas ondas constituyentes (como por ejemplo, las ondas diurnas O_1 , P_1 , K_1 y las semidiurnas M_2 , S_2 , N_2 y K_2) dentro de cada celda. Un modelo global como el de Schwiderski (1980a), cuya

cuadrícula es de $1^\circ \times 1^\circ$, consta de unas 40000 celdas. Aún así, los modelos globales constituyen una aproximación insuficiente en las líneas de costa, por lo que deben utilizarse modelos locales con mejor resolución (por ejemplo, de $1' \times 1'$) en esas zonas para complementar al modelo global.

1.5.4 Modelos de marea oceánica.

De entre todos los modelos de marea oceánica que se desarrollaron entre finales de la década de 1960 y hasta los años 80, destacó el modelo de interpolación hidrodinámica de Schwiderski (Schwiderski, 1980a), cuyas soluciones se han utilizado como patrón estándar durante muchos años. Sin embargo, como veíamos en el apartado anterior, su cuadrícula de $1^\circ \times 1^\circ$ resulta insuficiente en zonas costeras. Este problema llevó a la construcción de otros modelos, como por ejemplo el FES94.1 (Le Provost et al., 1994), que empleaba celdas de 200 km de lado en el océano profundo y de tan sólo 10 km en zonas de costa. Su aplicación supuso una mejora en muchas regiones en comparación con SCHW. Con posterioridad, los datos de altimetría del satélite TOPEX/POSEIDON (T/P) revelaron que el modelo FES94.1 aún tenía errores importantes en zonas de océano profundo. Esto llevó al diseño de nuevos modelos oceánicos que implementaran las observaciones tanto de mareógrafos como del satélite T/P.

Así, el modelo CSR3.0 (Eanes y Bettadpur, 1996) utiliza un análisis de respuesta elaborado a partir de casi dos años y medio de observaciones de T/P. La cuadrícula de este modelo es de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, preservando la calidad de FES94.1 pero aumentando al mismo tiempo la precisión para las longitudes de onda más largas. CSR4.0 (Baker y Bos, 2003) es una actualización de CSR3.0 confeccionada a partir de un conjunto de datos más amplio de observaciones de T/P. Puesto que el satélite T/P sólo cubre el rango de latitudes $[-66^\circ, +66^\circ]$, tanto el modelo CSR3.0 como el CSR4.0 adoptan los valores de la solución FES94.1 más allá de dicho rango.

Las pruebas demuestran que los datos proporcionados por los modelos oceánicos basados en altimetría de T/P sólo se desvían unos pocos centímetros de observaciones realizadas *in situ* en el océano profundo, aunque las desviaciones pueden llegar a 50 cm en el caso de áreas poco profundas, donde las mareas son mayores y las escalas espaciales mucho menores que en el océano profundo. Lefèvre et al. (2000) desarrollan el modelo FES98, que prescinde por completo de la altimetría de satélite. FES98 contiene los

armónicos de unos 700 mareógrafos instalados en costas, en islas o en el océano profundo, y resulta más preciso en los bordes continentales que FES94.1. Más preciso aún tanto en las líneas de costa como en el océano será el modelo FES99 (Lefèvre et al., 2002), que asimila observaciones de unos 700 mareógrafos costeros pero también datos de altimetría de T/P en 678 puntos del océano profundo. Otro modelos recientes también combinan datos de T/P con modelos hidrodinámicos, como el modelo NAO99b (Matsumoto et al., 2000), que implementa datos de 5 años de observación de T/P en un modelo hidrodinámico global de cuadrícula $0.5^\circ \times 0.5^\circ$.

En el ámbito de la Península Ibérica, hay que mencionar en primer lugar las cartas locales de marea Iberia M_2 e Iberia S_2 (Vieira et al., 1985a y 1985b). Estos mapas fueron confeccionados a partir de series de observaciones de constantes armónicas efectuadas en la costa de la península, el norte de África, las islas Baleares y las costas mediterránea y atlántica. También se utilizaron mareógrafos emplazados en el fondo oceánico. Los límites geográficos de Iberia M_2 e Iberia S_2 son los paralelos 31°N y 48°N en latitud ϕ y los meridianos 8.25°E y 16°W en longitud λ . En cuanto al diseño de la cuadrícula, se parte de una estructura básica de celdas de tamaño $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, aunque estas dimensiones se reducen en las zonas costeras llegando a medir tan sólo $0.0625^\circ \times 0.0625^\circ$. En conjunto, se trata de 1580 polígonos, de los cuales hay 774 de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, 297 de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$, 316 de $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ y 193 de $0.0625^\circ \times 0.0625^\circ$. Además, en sus límites externos, estos mapas Iberia M_2 e Iberia S_2 encajan con el modelo de Schwiderski.

Posteriormente, Benavent et al. (2009) y Benavent (2010) presentan el modelo local de marea oceánica IBER01, limitado en latitud por los paralelos 34°N y 48°N y en longitud por los meridianos 6°E y 16°W . Las celdas de este modelo son de tamaño $1/12^\circ \times 1/12^\circ$. El modelado se basa en un proceso de asimilación de datos de altimetría de satélite (12 años de observaciones del satélite TOPEX/POSEIDON) y 87 mareógrafos en un modelo hidrodinámico, estimando las amplitudes y fases de los términos constituyentes de la marea mediante análisis armónico. Benavent et al. (2009) y Benavent (2010) calcularon la marea de carga oceánica y el efecto de atracción en la región de la Península Ibérica para las ondas de marea Q_1 , O_1 , P_1 , K_1 , N_2 , M_2 , S_2 y K_2 , utilizando el modelo local IBER01 para complementar a seis modelos oceánicos globales: FES2004 (Lyard et al., 2006), TPXO7.1 (Egbert y Erofeeva, 2002), CSR4.0 (Baker y Bos, 2003), AG2006 (Andersen et al., 2006), GOT00.2 (Ray, 1999) y GOT4.7 (AVISO, 2011).

CAPÍTULO 2.

Interpretación del residuo de marea gravimétrica.

La mayor parte de este capítulo la forman los resultados presentados en el trabajo ‘On the interpretation of gravity tide residuals in the Iberian Peninsula’ (Fernández et al., 2008). El autor de esta memoria es coautor de dicho artículo. En esta tesis se presentan resultados actualizados con nuevos modelos oceánicos.

2.1 Introducción.

Las amplitudes y fases de las componentes armónicas del potencial de marea que se obtienen a partir de los datos de observación presentan sustanciales diferencias con las calculadas para modelos de Tierra que no incluyan océanos o atmósfera. Esta discrepancia puede tener fundamentalmente dos orígenes: características geodinámicas y locales de la corteza, o el efecto oceánico indirecto causado por una corrección inadecuada del mismo (Fernández et al., 1992).

Utilizando la notación propuesta por Melchior (1983), podemos definir los siguientes vectores (amplitud, fase) relativos a las ondas de marea (ver Figura 2.1): $\mathbf{R}(R,0)$ es el vector de marea sólida calculado para un modelo de Tierra elástica; $\mathbf{A}(A,\alpha)$ es el vector observado, obtenido normalmente a partir de análisis de mínimos cuadrados de

observaciones gravimétricas; $\mathbf{L}(\mathbf{L},\lambda)$ es el vector calculado de carga oceánica y de atracción; $\mathbf{B}(\mathbf{B},\beta) = \mathbf{A} - \mathbf{R}$ es un primer vector residuo; $\mathbf{X}(\mathbf{X},\chi) = \mathbf{B} - \mathbf{L}$ es el residuo final, que debería representar el ruido de las observaciones y las discrepancias con el modelo empleado (Melchior y Ducarme, 1991). La componente $X\sin\chi$ nos indica el error cometido en los vectores \mathbf{A} , \mathbf{R} y \mathbf{L} (Melchior y De Becker, 1983). La componente $X\cos\chi$ refleja la heterogeneidad que diferencia la Tierra real del modelo considerado y, también (Baker y Bos, 2003), los errores de calibración.

Por tanto, podría esperarse un cierto grado de correlación entre esta componente $X\cos\chi$ y parámetros tales como espesor y edad de la corteza, espesor de la litosfera, ondulaciones del geode, naturaleza volcánica del terreno, etc.

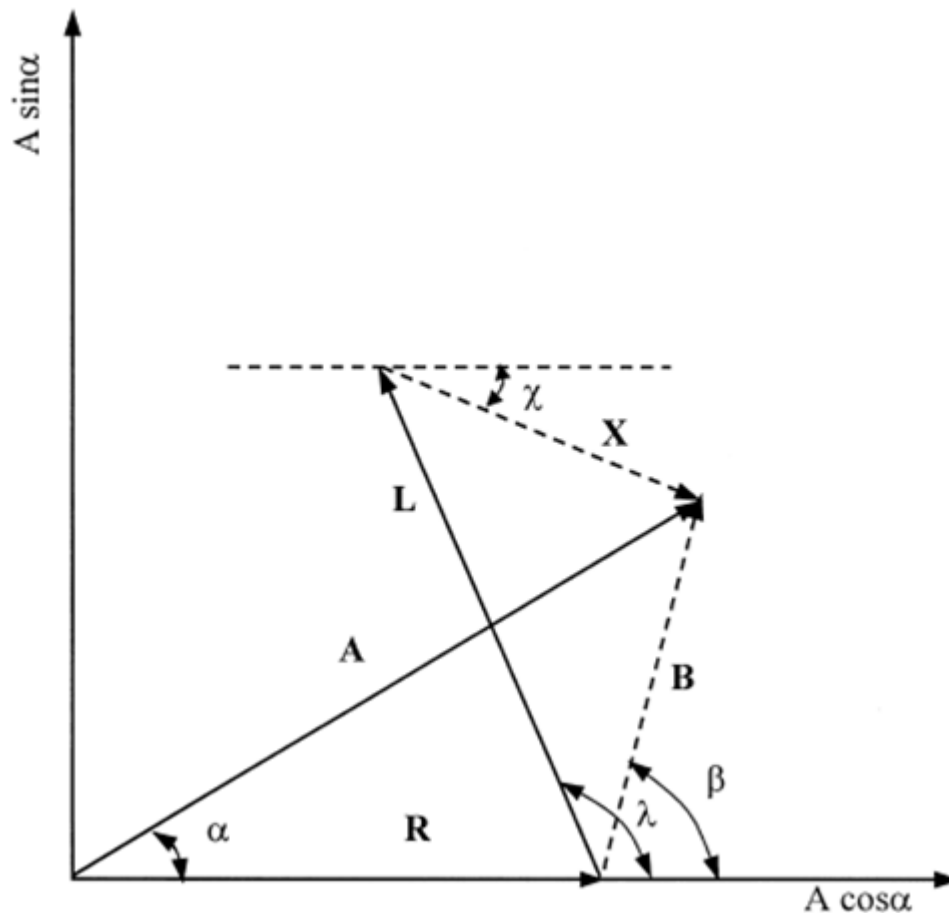


FIGURA 2.1: Representación gráfica del vector residuo final (\mathbf{X}), el vector residuo observado (\mathbf{B}), el vector calculado de carga oceánica y de atracción (\mathbf{L}), el vector observado (\mathbf{A}) y el vector marea sólida (\mathbf{R}) (Arnosó et al., 2001).

En las últimas décadas se han realizado diferentes estudios de correlación utilizando los vectores residuo final de diferentes ondas del desarrollo armónico del potencial de marea gravimétrica. Algunos de estos estudios (Melchior y Ducarme, 1991; Melchior y De Becker, 1983; Melchior et al., 1986; Yanshin et al., 1986; Jeligovski et al., 1988; Robinson, 1989, 1991, 1993) muestran la existencia de una correlación entre la componente coseno y el flujo térmico (calor transferido por unidad de superficie, medido en Wm^{-2}) para varias ondas del potencial, especialmente en el caso de la componente lunar M_2 (Jeligovski et al., 1988). Las anomalías positivas en torno a un valor medio (en términos absolutos) de $1 \mu\text{Gal}$ (10^{-8} ms^{-2}) parecen asociadas a áreas de corteza delgada, valores altos de flujo térmico y actividad volcánica reciente de tipo basáltico, mientras que las anomalías negativas parecen relacionadas con estructuras estables que tienen una discontinuidad de Mohorovicic (frontera que separa la corteza del manto) más profunda y valores de flujo térmico más bajos. Robinson (1989, 1991) asocia la correlación encontrada en sus estudios con características de la corteza superior, sugiriendo que estaríamos ante una respuesta medible de la corteza superior a la marea.

Contrariamente a estos resultados, Rydelek et al., (1991) no encuentran ninguna correlación significativa entre los valores del flujo térmico en superficie y la componente coseno del vector residuo de marea gravimétrica, achacando los resultados al nivel de error de las observaciones. Esta correlación tampoco se encuentra en las investigaciones de Fernández et al. (1992) y Arnoso et al. (2001) en Lanzarote, una isla con espesor cortical medio de 11.5 Km, actividad volcánica reciente, flujo térmico con valores medios de 109 mWm^{-2} y zonas anómalas donde se alcanzan los 130 mWm^{-2} (Fernández et al., 1992) y, sin embargo, el residuo de la onda M_2 resulta ser prácticamente cero.

Melchior (1995) reinterpreta la correlación entre los valores de flujo térmico y los residuos de marea tras revisar los datos de 300 estaciones (Melchior, 1994a), teniendo en cuenta las objeciones de Rydelek et al. (1991) y eliminando por tanto las fuentes de errores, particularmente los errores instrumentales de calibración. Melchior (1995) propone finalmente una correlación entre los residuos de marea gravimétrica y la edad de las provincias tectónicas como alternativa a la correlación con el flujo térmico. Según sus resultados, los residuos negativos se encontrarían en áreas de antigüedad superior a 800 millones de años ($-0.21 \pm 0.10 \mu\text{Gal}$) y los residuos positivos en áreas de menos de 250 millones de años ($0.36 \pm 0.12 \mu\text{Gal}$).

Shukowsky y Mantovani (1999) realizaron algunas pruebas para ver si existía correlación global entre los residuos de marea y ciertas propiedades físicas de la litosfera. El parámetro con el que se encontró una mejor correlación es el llamado espesor elástico efectivo de la litosfera, que se define (Tesauro et al., 2012) como el espesor de una capa elástica que respondiera a las cargas aplicadas del mismo modo que la placa litosférica heterogénea. Se encontró una correlación lineal entre los residuos de la onda de marea M_2 y el espesor elástico efectivo de la litosfera, siendo la recta de correlación

$$E_E = 69.85 (\pm 2.63) - 15.48 (\pm 3.19) \Delta g , \quad [2.1]$$

donde E_E es el espesor elástico efectivo de la litosfera y Δg el residuo de marea. El coeficiente de correlación obtenido es $R = -0.82$. Esta fuerte dependencia lineal se constituye en una alternativa para estimar los valores de E_E allí donde no hay buenos datos de observaciones de gravedad, siendo aplicada con éxito en el diseño de mapas continentales de E_E para la placa sudamericana y la placa africana (Mantovani et al., 2005).

Partiendo de observaciones de gravímetros tanto de resorte como superconductores, Baker y Bos (2003) probaron varios modelos terrestres y oceánicos. Concluyeron que el modelo de marea oceánica de Schwiderski (1980b) da resultados anómalos en ciertas zonas y proponen el uso de modelos oceánicos tales como FES95 (Le Provost et al., 1998), FES99 (Lefèvre et al., 2002) o TPXO (Baker y Bos, 2003), que concuerdan mejor con los datos observados. Los factores gravimétricos, corregidos de efecto oceánico indirecto (carga oceánica y atracción) utilizando distintos modelos de marea oceánica, pueden ser a su vez utilizados para probar los modelos de marea sólida, pero la interpretación de los resultados es discutible debido a errores de calibración o incertidumbres en las correcciones de marea de carga oceánica. Los errores de calibración estimados por Baker y Bos (2003) para las estaciones europeas son del 0,1%, así que ni siquiera es posible distinguir entre el modelo de marea terrestre DDW elástico y el anelástico (Dehant et al., 1999), cuyos factores gravimétricos difieren sólo un 0.12%. Fuera de Europa (Baker y Bos, 2003), los factores gravimétricos corregidos difieren de los modelos DDW entre -0.2% y +0.3%.

Puede ser prematuro asumir que estas diferencias están causadas por heterogeneidades laterales en la estructura de la Tierra. De acuerdo con Wang (1991), las

heterogeneidades laterales del manto de la Tierra afectan tanto a la componente seno como a la componente coseno. Wang (1991) calculó un efecto global máximo de $0.03 \mu\text{Gal}$, y un efecto aún menor para Europa ($< 0.01 \mu\text{Gal}$). Esto se traduciría en un efecto máximo sobre los factores de marea (factor gravimétrico y desfase) en torno a $\pm 0.05\%$. Sin embargo, es posible que variaciones laterales en la estructura de la Tierra de menor longitud de onda puedan producir mayores efectos. Según el modelo de elementos finitos de Zürn et al. (1976), una placa en subducción puede afectar al desplazamiento vertical de la marea sólida hasta en un $+0.8\%$ y, por tanto, el factor gravimétrico se vería incrementado en unas décimas de porcentaje (al menos, sobre el borde principal de la placa en subducción). Molodenskii y Kramer (1980) desarrollaron una teoría para investigar la influencia de las heterogeneidades laterales sobre las mareas gravimétricas por medio de una representación en armónicos esféricos de la distribución de océanos y continentes sobre la Tierra. Encontraron que los factores gravimétricos no se veían afectados más de un 0.75% en ninguno de sus modelos. Con el fin de investigar la influencia de las heterogeneidades laterales menores en extensión horizontal, se utilizaron en el estudio las variaciones de velocidades sísmicas en América del Norte proporcionadas por Herrin y Taggart (1962), encontrando una variación máxima en el factor gravimétrico del 0.15% (al menos, en los Estados Unidos). Por tanto, una fluctuación espacial a gran escala de flujo térmico debería tener mayor influencia sobre la gravedad de marea que fluctuaciones locales.

Durante los últimos 30 años, se han realizado numerosas observaciones de marea gravimétrica en la Península Ibérica, en un total de 21 estaciones distribuidas tal como se muestra en la Figura 2.2. Los resultados han proporcionado un modelo para correcciones de marea gravimétrica en la Península (Camacho y Vieira, 1990). También hay datos disponibles sobre flujo térmico en superficie (Fernández et al., 1998) y otros datos procedentes de campañas sísmicas que han permitido determinar la estructura interna de la corteza en la Península Ibérica y su espesor cortical (Vera, 2004).

En este capítulo se detalla el estudio de correlación efectuado (Fernández et al., 2008) para determinar si existe o no alguna relación entre la componente coseno del vector residuo final obtenido para ciertas ondas del potencial de marea y algunos parámetros geofísicos relacionados con la capacidad de deformación de la litosfera (flujo térmico en superficie, resistencia litosférica, temperatura en la base de la corteza y edad tectonotérmica de la litosfera), a partir de datos observacionales obtenidos de las 21 estaciones de la Península Ibérica. Se utilizan en el estudio distintos modelos de marea

oceánica, así como los resultados del análisis armónico de mareas proporcionado por el IUGG International Center for Earth Tides (ICET), para poder comparar los resultados con estudios previos. Los resultados obtenidos en Fernández et al. (2008) se han actualizado en esta memoria, considerando un modelo para el cálculo del efecto oceánico indirecto más moderno, no existente en esa época.

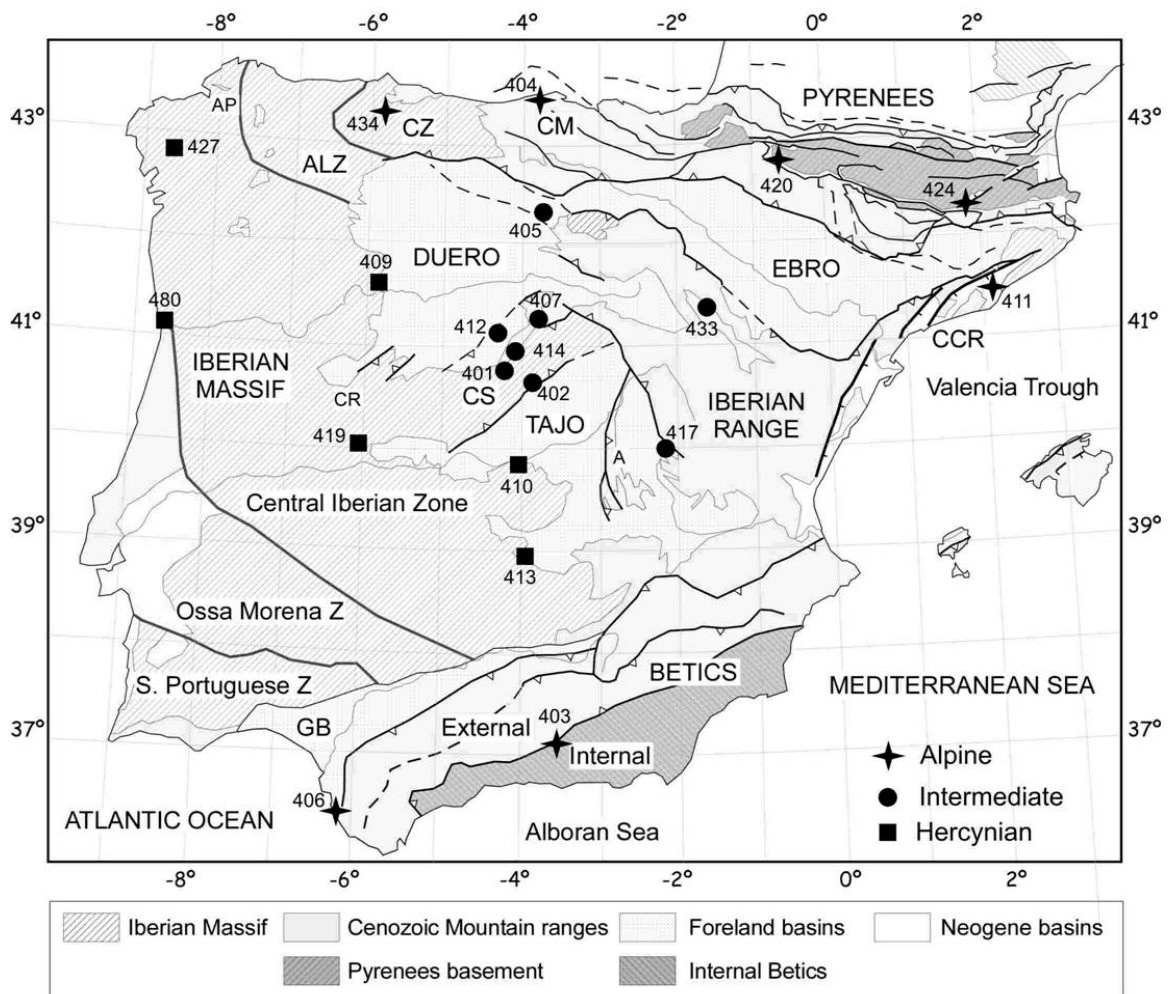


FIGURA 2.2: Situación de las 21 estaciones de marea empleadas en este estudio y los dominios tectonotérmicos a los que pertenecen (base geológica modificada de Vergés y Fernández, 2006). Ver la Tabla 2.2 para más detalles.

2.2 Datos.

La Península Ibérica ha sufrido desde el Paleozoico inferior varios episodios tectonotérmicos que han dado lugar a las unidades geológicas que se observan en la actualidad. La mitad occidental de Iberia corresponde al Macizo Ibérico, de orogenia varisca (producto de la colisión entre los grandes continentes de Euramérica y Gondwana ocurrida en las etapas finales del Paleozoico), que es la región más vieja y más estable de la Península. La tectónica extensional subsiguiente del Mesozoico fue la responsable de la apertura de los océanos Atlántico y Tetis y de los correspondientes márgenes pasivos que se extendieron en la actual Península emergida. Posteriormente, la orogenia Alpina (causada por la colisión durante el Cenozoico de África, el subcontinente indio y la placa de Cimmeria contra Eurasia) dio lugar a una fuerte deformación de los márgenes norte y sur de Iberia. Los Pirineos se construyeron en el margen más al norte, mientras una subducción incipiente se desarrolló en el margen Cantábrico. Las Béticas y el Promontorio Balear se formaron a lo largo del margen sur. Las cuencas del Ebro y del Guadalquivir se formaron como cuencas asociadas a los Pirineos y a las Béticas, respectivamente. El interior de Iberia se deformó también durante esta orogenia Alpina con estructuras que dieron lugar al Sistema Central, la Cadena Ibérica y las cuencas del Duero y Tajo. Por último, la extensión del Neógeno (etapa del Cenozoico previa al Cuaternario), que afectó principalmente a las partes este y sur de la Península Ibérica, fue responsable de la apertura del Golfo de Valencia y del Mar de Alborán, con actividad volcánica que ha durado hasta tiempos recientes.

Esta evolución tectónica resultó en variaciones del flujo térmico en superficie y también de los espesores de la corteza y la litosfera, lo cual puede haber dado lugar a grandes diferencias con respecto a un modelo de Tierra elástica y homogénea y, por tanto, a residuos perceptibles de la componente coseno de las mareas gravimétricas. A continuación detallamos cómo se calculan los parámetros estructurales que controlan la reología de la litosfera en el entorno de las estaciones de marea gravimétrica y cómo se han obtenido los residuos de marea.

2.2.1 Parámetros estructurales.

Tanto los estudios reológicos como los experimentos de laboratorio muestran que la capacidad de deformación de una litosfera sometida a fuerzas externas depende de su

geometría, distribución de temperatura y composición mineral (Ranalli, 1995). Para una tasa de deformación dada, la rigidez de la litosfera es sensible principalmente al flujo térmico en superficie, de tal modo que cuanto más alto es el flujo térmico más débil es la litosfera. En las proximidades de las distintas estaciones de marea se deduce el valor del flujo térmico en superficie a partir del mapa de la Península Ibérica elaborado por Fernàndez et al. (1998). Los valores varían desde los $65 \pm 10 \text{ mWm}^{-2}$ en la región central, $40\text{-}50 \text{ mWm}^{-2}$ en el margen atlántico y $80\text{-}100 \text{ mWm}^{-2}$ en el margen mediterráneo, con un error medio de $\pm 10\%$. Además del flujo térmico en superficie, se han considerado otros parámetros estructurales relacionados con la rigidez de la litosfera como puedan ser la edad tectonotérmica de la litosfera (edad del último evento térmico importante), la temperatura T_{moho} en la base de la corteza (Sonder y England, 1986) y la resistencia litosférica integrada (máximo esfuerzo que la litosfera puede soportar antes de deformarse, integrado sobre la profundidad de la litosfera; ver Ranalli, 1995).

Con el fin de asignarle una edad tectonotérmica a cada estación de marea distinguimos, de acuerdo con Vergés y Fernàndez (2006), tres unidades geológicas principales que se corresponden respectivamente con los periodos Herciniano o Varisco (Devónico a Pérmico), Intermedio (Mesozoico, principalmente) y Alpino (Cenozoico) (ver Fig. 2.2). La estructura térmica de la litosfera para cada estación se ha calculado mediante una aproximación 1D que combina flujo térmico en superficie y datos topográficos bajo la suposición de isostasia local (Morgan y Fernàndez, 1992). Esta aproximación requiere el conocimiento de las densidades y espesores de la corteza y del manto litosférico, así como las correspondientes propiedades térmicas (valores de conductividad térmica y producción radiogénica de calor). Para la corteza se han distinguido tres capas: recubrimiento sedimentario post-Mesozoico, corteza superior y corteza inferior. Los espesores de estas capas se han deducido de datos sísmicos, y los parámetros térmicos y densidades se han tomado de mediciones directas (Fernàndez et al., 1998) y de datos publicados, que se resumen en la Tabla 2.1. La densidad del manto litosférico es dependiente de la temperatura y el límite litosfera-astenosfera se corresponde con la isoterma de 1350°C . Con esta metodología, la temperatura T_{moho} se puede calcular con un margen de error de $\pm 100^\circ \text{C}$ si consideramos una incertidumbre de $\pm 10\%$ en flujo térmico, conductividad térmica y producción de calor en superficie, y de $\pm 5\%$ en espesor de corteza y densidad media. Este margen de $\pm 100^\circ \text{C}$ puede reducirse a $\pm 70^\circ \text{C}$ si consideramos incertidumbres en flujo térmico y conductividad en torno a $\pm 5\%$.

	Densidad (kg / m ³)	Conductividad térmica (W / m K)	Producción de calor (μW / m ³)
Sedimentos	2400 – 2650	2.4 – 2.5	1
Corteza superior	2720 – 2770	3.0	2 – 3 exp(z/15000)
Corteza inferior	2950	2.1	0.2
Manto superior	3200 (1+α(T _a -T(z)))	3.4	0.02

TABLA 2.1: *Parámetros empleados en los cálculos térmicos. α es el coeficiente de expansión térmica ($3.5 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$), T_a es la temperatura en la base de la litosfera ($1350 \text{ }^{\circ}\text{C}$) y $T(z)$ es la temperatura a la profundidad $z(m)$.*

La resistencia litosférica integrada se calcula a partir del concepto de envoltura de esfuerzos (Ranalli, 1995), que establece que el régimen de deformación de una roca puede subdividirse en los dominios quebradizo y dúctil. Las incertidumbres en la determinación de los parámetros reológicos de las rocas son importantes y pueden afectar en gran medida a los valores absolutos de la resistencia litosférica integrada (Fernández y Ranalli, 1997). Sin embargo, lo que interesa en este trabajo son las variaciones relativas y por tanto los valores escogidos para los parámetros reológicos son menos críticos. En estos cálculos se ha considerado una corteza superior de cuarzo, una corteza inferior de diabasa/diorita y un manto superior de olivino con los parámetros reológicos dados por Lynch y Morgan (1990).

La Tabla 2.2 muestra las 21 estaciones de la red Iberia de marea gravimétrica, con sus correspondientes latitudes y longitudes, así como los valores de las componentes seno y coseno del residuo final de marea en diferentes supuestos. La Tabla 2.3, por su parte, indica el flujo térmico en superficie y la edad tectonotérmica para cada estación, así como los valores de T_{moho} y de resistencia litosférica integrada que resultan compatibles con la estructura cortical.

ICET Código	Estación	Coordenadas		M_2 SCHW80 (conjunto 1) (μ Gal)		O_1 SCHW80 (conjunto 1) (μ Gal)		M_2 SCHW80 (conjunto 2) (μ Gal)		O_1 SCHW80 (conjunto 2) (μ Gal)		Gravímetro (conjunto 1)	Gravímetro (conjunto 2)
		Lat. (N)	Lon. (W)	$X_{cos\chi}$	$X_{sen\chi}$	$X_{cos\chi}$	$X_{sen\chi}$	$X_{cos\chi}$	$X_{sen\chi}$	$X_{cos\chi}$	$X_{sen\chi}$		
401	Valle Los Caídos	40.642	4.155	0.589	0.211	0.224	0.034	-0.111	0.264	-0.107	0.049	ASK GS-15	LCR ET-15
406	San Fernando	36.462	6.205	-0.55	0.506	-0.133	0.567	-0.55	0.506	-0.133	0.567	LCR 434	LCR 434
402	Madrid Facul.	40.452	3.724	0.133	-0.385	-0.117	-0.052	0.096	0.045	0.036	-0.060	ASK GS-15	LCR G-665
414	La Granja	40.899	4.004	-0.375	0.283	-0.528	0.154	-0.375	0.283	-0.528	0.154	LCR 301	LCR 301
411	Barcelona	41.503	-2.089	0.129	-0.094	-0.451	0.299	0.129	-0.094	-0.451	0.299	LCR 301	LCR 301
412	Carbonero	41.122	4.267	-0.053	-0.068	0.033	-0.071	-0.053	-0.068	0.033	-0.071	LCR 434	LCR 434
405	Burgos	42.341	3.705	0.572	-0.168	-0.228	-0.183	0.572	-0.168	-0.228	-0.183	ASK GS-15	ASK GS-15
404	Santander	43.466	3.807	-0.017	-0.097	-0.687	0.277	-0.017	-0.097	-0.687	0.277	LCR 434	LCR 434
409	Cubillos	41.574	5.74	-0.104	0.288	-0.344	0.141	-0.104	0.288	-0.344	0.141	LCR 301	LCR 301
427	Santiago	42.881	8.545	0.586	0.782	0.396	0.097	0.586	0.782	0.396	0.097	LCR 301	LCR 301
417	Arcas	39.988	2.115	0.293	-0.152	-0.226	-0.343	0.293	-0.152	-0.226	-0.343	LCR 434	LCR 434
413	Ciudad Real	38.986	3.931	-0.152	0.073	-0.58	0.349	-0.152	0.073	-0.58	0.349	LCR 301	LCR 301
433	Calatayud	41.35	1.644	-0.17	-0.133	-0.422	0.253	-0.17	-0.133	-0.422	0.253	LCR 301	LCR 301
407	Sepúlveda	41.299	3.759	1.383	-1.64	0.462	-0.439	-0.436	0.282	-0.521	0.297	ASK GS-15	LCR 301
434	Oviedo	43.35	5.85	-0.155	1.291	0.08	0.036	-0.155	1.291	0.08	0.036	LCR 434	LCR 434
403	Granada	37.187	3.592	0.113	0.444	-0.144	0.184	0.113	0.444	-0.144	0.184	LCR 301	LCR 301
420	Pamplona	42.806	1.669	0.259	-0.763	-0.09	-0.331	0.259	-0.763	-0.09	-0.331	LCR 434	LCR 434
419	Plasencia	40.029	6.092	-0.14	-0.214	-0.341	-0.002	-0.14	-0.214	-0.341	-0.002	LCR 434	LCR 434
424	Túnel del Cadí	42.283	-1.85	0.501	-0.444	0.482	0.079	0.501	-0.444	0.482	0.079	LCR G-665	LCR G-665
480	Porto	41.08	8.67	1.017	-1.553	1.511	-1.778	1.017	-1.553	1.511	-1.778	LCR G-258	LCR G-258
410	Toledo	39.86	4.01	-0.604	-0.29	-0.887	0.426	-0.604	-0.29	-0.887	0.426	LCR 301	LCR 301

TABLA 2.2. Las 21 estaciones de la red Iberia de marea gravimétrica, incluyendo latitud, longitud y las componentes del residuo final $X_{cos\chi}$ y $X_{sen\chi}$ para las ondas M_2 y O_1 , de acuerdo con el modelo de Tierra DDW anelástico no hidrostático y el modelo oceánico SCHW80. Los conjuntos de datos 1 y 2 se definen en el texto.

ICET Cód.	Estación	Elev. (m)	Espesor Corteza/Litosf. (km)	Edad Tectonotérmica	Flujo Termico (mW/m ²)	T_{moho} (°C)	Resistencia Litosférica (10 ¹² N/m)	M_2 (FES95) (μGal)		Iberia M_2 (μGal)		Q_1	Q_2	Factor Normal.
								$X_{cos}\chi$	$X_{sen}\chi$	$X_{cos}\chi$	$X_{sen}\chi$			
401	Valle Los Caídos	1035	34 / 100	Intermedia	70	608	44.6	0.02	0.267	-0.029	0.079	11.1	21.8	1.01044
406	San Fernando	4	30 / 137	Alpina	50	426	115.7	-0.115	0.908	-0.521	1.293	2.3	5.4	0.93898
402	Madrid Facul	735	32 / 96	Intermedia	70	593	44.5	0.216	0.057	0.171	-0.116	14.0	35.7	1.00000
414	La Granja	1110	34 / 98	Intermedia	65	602	45.5	-0.253	0.292	-0.311	0.096	2.1	7.6	0.96881
411	Barcelona	235	28 / 92	Alpina	70	349	47.5	0.074	0.079	0.035	-0.114	4.2	7.7	0.96881
412	Carbonero	920	32 / 93	Intermedia	70	607	39.4	0.073	-0.064	0.007	-0.266	2.8	6.8	0.96988
405	Burgos	935	34 / 101	Intermedia	67	606	45.6	0.678	-0.106	0.502	-0.292	1.7	5.8	0.99126
404	Santander	0	30 / 118	Alpina	58	480	84.3	-0.113	2.06	-0.586	2.322	2.0	6.1	0.93898
409	Cubillos	725	32 / 103	Herciniana	65	558	55.5	0.066	0.239	-0.004	-0.009	11.6	19.4	0.96881
427	Santiago	300	31 / 114	Herciniana	65	504	75.5	0.892	0.752	0.805	0.391	2.4	9.3	0.96881
417	Arcas	1070	34 / 103	Intermedia	65	598	48.1	0.376	-0.123	0.346	-0.297	1.2	4.2	0.96988
413	Ciudad Real	685	32 / 103	Herciniana	65	562	54.3	0.005	0.071	-0.006	-0.077	3.1	10.5	0.96881
433	Calatayud	665	35 / 123	Intermedia	65	551	74.5	-0.104	-0.097	-0.208	-0.238	7.8	16.9	0.96881
407	Sepúlveda	1065	34 / 104	Intermedia	70	595	49.4	-0.323	0.298	-0.404	0.098	2.0	5.3	0.96881
434	Oviedo	350	40 / 162	Alpina	57	485	115.7	0.05	0.777			6.4	11.9	0.99203
403	Granada	1120	35 / 117	Alpina	65	556	68.2	0.385	0.345	0.384	0.228	3.9	11.5	0.96881
420	Pamplona	650	39 / 155	Alpina	60	517	104.9	0.359	-0.723	0.148	-0.940	4.3	9.7	0.96988
419	Plasencia	490	32 / 117	Herciniana	65	507	77.3	0.085	-0.256	0.045	-0.422	8.0	16.2	0.96988
424	Túnel del Cadí	1180	40 / 140	Alpina	62	566	84.3	0.488	-0.3			5.0	7.0	0.99270
480	Porto	65	29 / 110	Herciniana	70	495	73.2	1.678	-1.987					
410	Toledo	615	32 / 108	Herciniana	65	543	62.7	-0.466	-0.284	-0.492	-0.453	0.7	2.1	0.96881

TABLA 2.3. Las 21 estaciones de la red Iberia de marea gravimétrica, con los siguientes datos: elevación (sobre el nivel del mar), flujo térmico, espesor de la corteza y de la litosfera, edad tectonotérmica, temperatura en la base de la discontinuidad de Mohorovicic, resistencia litosférica y factores de calidad Q_1 y Q_2 . La tabla incluye también los datos de los residuos finales $X_{cos}\chi$ y $X_{sen}\chi$ para la onda M_2 , de acuerdo con el modelo de Tierra DDW anelástico no hidrostático y los modelos oceánicos FES95 y SCHW80 (este último complementado con las cartas Iberia M_2). Todas las observaciones fueron realizadas con gravímetros LaCoste & Romberg, excepto en el caso de la estación de Burgos, donde se empleó un Askania GS 15. No hay datos sobre factores de calidad para Porto. Se incluye el factor F de normalización relativo a la calibración (véase Melchior 1994b). Los valores de espesores corticales y litosféricos están tomados de Badal et al. (1996), Banda (1988), Torné et al. (2000) y Zeyen y Fernández (1994).

2.2.2 Residuo de marea.

Con el fin de facilitar comparaciones con resultados previos, se ha utilizado como primera aproximación el modelo de marea terrestre DDW anelástico no hidrostático (Dehant et al., 1999) y el modelo oceánico SCHW80 (Schwiderski, 1980b) para obtener los vectores residuo de las diferentes ondas de marea consideradas. Todos los datos necesarios para calcular las componentes seno y coseno del vector \mathbf{X} para todas las combinaciones de los modelos oceánicos y de Tierra utilizados en este trabajo y las ondas M_2 y O_1 fueron obtenidos a partir de datos y resultados proporcionados por el ICET.

El modelo de Schwiderski (SCHW80) ha estado considerado en geofísica durante mucho tiempo como un estándar útil para el cálculo del vector \mathbf{L} de atracción y carga oceánica (Melchior, 1994a). Se trata de un modelo numérico que utiliza las ecuaciones de Laplace e incluye carga oceánica, atracción de masa oceánica y efectos de fricción. Su principal inconveniente es la baja resolución de la cuadrícula ($1^\circ \times 1^\circ$) en la que divide la superficie oceánica. Muchas áreas costeras son tan pequeñas que no quedan reflejadas adecuadamente y mares como el Báltico, el Mediterráneo o el Mar de Japón tampoco aparecen. Modelos oceánicos más recientes basados en datos de altimetría de satélite TOPEX/POSEIDON, como el CSR3 (Eanes y Bettadpur, 1996), el FES95 (Le Provost et al., 1998) o el ORI96 (Melchior y Francis, 1986) encajan con los datos observacionales de marea gravimétrica mejor que el SCHW80 (Baker y Bos, 2003). Por tanto, además del modelo SCHW80, se ha considerado también en este estudio el modelo FES95 para testar las diferencias entre ambos.

Es preciso mencionar, no obstante, que hasta la fecha no hay ningún modelo de marea oceánica que proporcione resultados satisfactorios para todas las regiones del mundo, por lo que suelen utilizarse cartas locales para completar la información de áreas específicas. En el caso de la Península Ibérica, como veíamos en el capítulo anterior, las cartas Iberia M_2 e Iberia S_2 (Vieira et al., 1985a y 1985b) se utilizan para las ondas de marea M_2 y S_2 respectivamente, proporcionando valores para la zona comprendida entre los paralelos 31°N y 48°N en latitud y los meridianos 8.25°E y 16°W en longitud. Mientras que la cuadrícula de Schwiderski es de $1^\circ \times 1^\circ$, las cartas Iberia parten de una digitalización básica de celdas de tamaño $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, que se reducen en las zonas costeras llegando a medir tan sólo $0.0625^\circ \times 0.0625^\circ$. En conjunto, se trata de 1580 polígonos, de los cuales hay 774 de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, 297 de $0.25^\circ \times 0.25^\circ$, 316 de $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ y 193 de $0.0625^\circ \times 0.0625^\circ$. Además, en sus límites externos, estos mapas Iberia M_2 e Iberia S_2

encajan con el modelo de Schwiderski. De este modo, los resultados obtenidos por Vieira et al. (1985a y 1985b) para el vector $\mathbf{L}(L, \lambda)$ sustituyendo las cartas Iberia en las correspondientes regiones de las cartas globales de Schwiderski se han utilizado también en este estudio.

Para algunas de las estaciones de marea (concretamente, Valle de los Caídos, Madrid, Granada y Sepúlveda) hay más de un registro del ICET ya que se utilizaron varios gravímetros. Por tanto, se han considerado dos conjuntos de datos para la Península Ibérica: Conjunto 1 (incluyendo los valores obtenidos para los intervalos de registro más largos) y Conjunto 2 (que contiene los valores correspondientes a series con mejores factores de calidad Q_1 y Q_2). La Tabla 2.4 muestra los valores globales medios de Q_1 y Q_2 para distintos tipos de gravímetros (ver también el Apéndice B). La Tabla 2.2 incorpora los conjuntos de datos 1 y 2 y los gravímetros utilizados en cada caso. El Conjunto 2 elimina tres de los cuatro gravímetros Askania que aparecen en el Conjunto 1 debido al alto ruido de este instrumento comparado con el gravímetro LaCoste & Romberg (Baker, 1984). La Tabla 2.3 muestra los valores numéricos obtenidos para las componentes seno y coseno de los vectores residuo para la onda M_2 , el modelo de Tierra de DDW anelástico no hidrostático y dos modelos de marea oceánica: FES95 e Iberia M_2 , entendiendo este último como la combinación del modelo oceánico SCHW80 con las cartas Iberia para la onda M_2 . Los datos que aparecen en esta tabla son los mejores en términos de los factores de calidad Q_1 y Q_2 .

Tipo de instrumento	Q_1	Q_2
Askania 11, 12	0.9	3.2
Askania 15, BN	4.2	9.4
Geodynamics	6.2	10.2
LaCoste Romberg G, D	3.6	6.5
LaCoste Romberg ET	13.1	22.1
Superconductor	106.2	200.0

TABLA 2.4: Medias globales de Q_1 y Q_2 para distintos tipos de gravímetros (adaptado de Chueca, 1991).

2.3 Estudio de las componentes señal y ruido presentes en los datos geofísicos.

Tanto los datos del residuo de marea como los parámetros estructurales contienen una cierta cantidad de ruido local que puede deberse a inexactitudes en las observaciones y, sobre todo, a efectos locales que no tienen repercusión en estaciones lejanas. Antes de los análisis de correlación entre los distintos parámetros, se realizaron análisis de autocorrelación para determinar las señales correladas que podían identificarse por encima de un nivel dado de ruido. Si los datos se trataran únicamente de ruido incorrelado, entonces el correlograma sería plano y, recíprocamente, si hubiera una señal correlada, entonces el correlograma tendría una estructura empírica característica (ver Figuras 2.3 a 2.8). El método de predicción mínimos cuadrados (colocación) y análisis de covarianzas consta de los siguientes pasos (Moritz, 1980):

1. Descomponer el vector de datos \mathbf{d} , correspondiente a los valores v_i en las estaciones P_i , como

$$\mathbf{d} = \mathbf{v} + \mathbf{p} = \mathbf{s} + \mathbf{n} + \mathbf{p}, \quad [2.2]$$

siendo \mathbf{p} la parte sistemática, \mathbf{v} la componente aleatoria de la estación, \mathbf{s} la señal correlada y \mathbf{n} el ruido incorrelado. La componente \mathbf{p} puede determinarse y eliminarse por medio de un ajuste polinómico.

2. Determinar las covarianzas empíricas $\text{cov}(d)$ para los valores de la componente aleatoria \mathbf{v} con respecto a su distancia mutua, d .
3. Ajustar las covarianzas empíricas $\text{cov}(d)$ con una función analítica $C(d)$.
4. Identificar los niveles de señal y ruido. La varianza de la señal es igual a la covarianza para distancia cero, $C(0)$, y la varianza del ruido será

$$\sigma_n^2 = \sigma^2 - C(0), \quad [2.3]$$

donde σ^2 es la varianza del dato \mathbf{v} .

5. Calcular las matrices de covarianzas $C = (C_{ij})$ a partir de la función covarianza ajustada

$$C_{ij} = C(d), \quad [2.4]$$

siendo $d = \text{dist}(P_i P_j)$.

6. Predicción mínimos cuadrados de la señal y filtrado de datos a partir de las matrices de covarianzas para la señal \mathbf{s} y el ruido \mathbf{n} .
7. Cálculo de la matriz de error de predicción.

Se ha realizado este estudio de autocorrelación para la componente coseno de los distintos tipos de residuos de las ondas de marea M_2 y O_1 consideradas (ver Tablas 2.2 y 2.3), lo cual implica cuatro estudios señal-ruido distintos. Con el fin de evitar posibles resultados erróneos, se han eliminado las estaciones cuyo residuo final es mayor que tres veces la desviación típica, pues en una distribución normal sólo un 0.03 % de los datos se desvían de la media más de tres veces la desviación típica (Grafarend, 2006).

En primer lugar, se estudia el conjunto de datos 1 y los correspondientes residuales finales utilizando el modelo de marea oceánica SCHW80. La componente coseno de la onda de marea gravimétrica M_2 contiene una señal correlada significativa que alcanza un 40% de varianza. La onda diurna principal, O_1 , parece estar formada casi exclusivamente por ruido (la señal correlada tiene un 5% de varianza y es difícil de detectar). Esto se debe a que, para un mismo periodo de tiempo, el número de datos de O_1 es la mitad que el de M_2 y, por tanto, el nivel de fiabilidad de los residuos de marea para O_1 es mucho menor que el correspondiente a M_2 . Teniendo esto en cuenta se decidió utilizar únicamente la onda M_2 en el estudio. Los análisis de autocorrelación y predicción mínimos cuadrados para los residuos de marea $X \cos \chi$ tanto para M_2 como para O_1 se muestran en las figuras 2.3 y 2.4, respectivamente. Algunas estaciones son claramente anómalas con respecto a la tendencia general (es el caso de Sepúlveda para la onda M_2 y de Porto y Sepúlveda para la onda O_1), lo cual puede deberse a la presencia de fenómenos locales y hace aconsejable no utilizar dichas estaciones en los estudios de correlación.

Utilizar el modelo de marea oceánica SCHW80 y el conjunto de datos 2 arroja una señal correlada para la onda M_2 cuya varianza es de apenas un 16% (ver Figura 2.5). Una posible explicación para este resultado podría ser que, al nivel de precisión disponible, los residuos de marea gravimétrica estarían compuestos principalmente por ruido observacional y una pequeña fracción de señal correlada.

Después se utilizó el conjunto de datos 2, pero con el modelo de marea oceánica FES95 en lugar del SCHW80. La cantidad de señal correlada para M_2 es similar al caso anterior (16%) y la magnitud de los residuos de marea decrece en torno a un 2% (de 0.334 a 0.326 μGal). Este modelo oceánico es más moderno y concuerda mejor con las observaciones. La razón señal/ruido resultante al utilizar FES95 es un 10% mayor que al considerar SCHW80. Para ambos modelos de marea oceánica la señal sigue una función de covarianza exponencial de tipo Bessel (Figura 2.6).

Finalmente, tomamos el conjunto de datos 2, con SCHW80 complementado con las cartas Iberia para la onda M_2 . En este último caso, el análisis de autocorrelación de los residuos indica un comportamiento mucho más aleatorio, ya que la señal correlada detectada es tan sólo de un 0.8% (Figura 2.7). Las estaciones de Porto, Oviedo y Túnel del Cadí no se tuvieron en cuenta en este último estudio, pues no hay datos disponibles sobre ellas en el modelo Iberia M_2 .

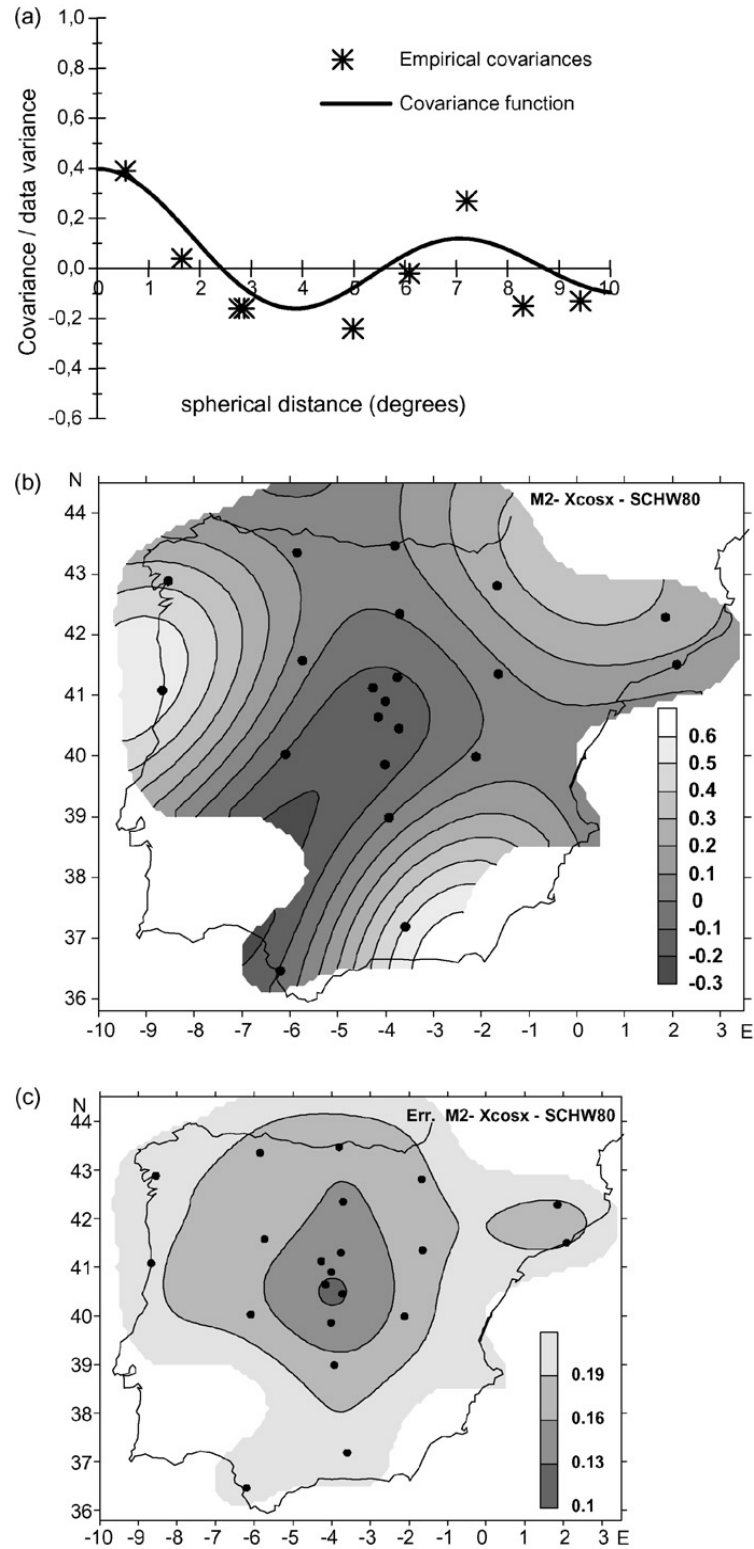


FIGURA 2.3: Análisis de autocorrelación y predicción mínimos cuadrados para los residuos de marea Xcosx para M2, de acuerdo con el modelo de Tierra DDW anelástico no hidrostático, el modelo oceánico SCHW80 y el Conjunto 1 de datos de marea (Tabla 2.2) de la Península Ibérica (sin la estación de Sepúlveda). (a) Valores empíricos de autocorrelación y función de autocorrelación ajustada (salto de la correlación: 67'). La señal correlada alcanza un 40% de varianza mostrando abundante presencia de efectos que se superponen al ruido no correlado. (b) Señal predicha (μGal). (c) Error de predicción (μGal).

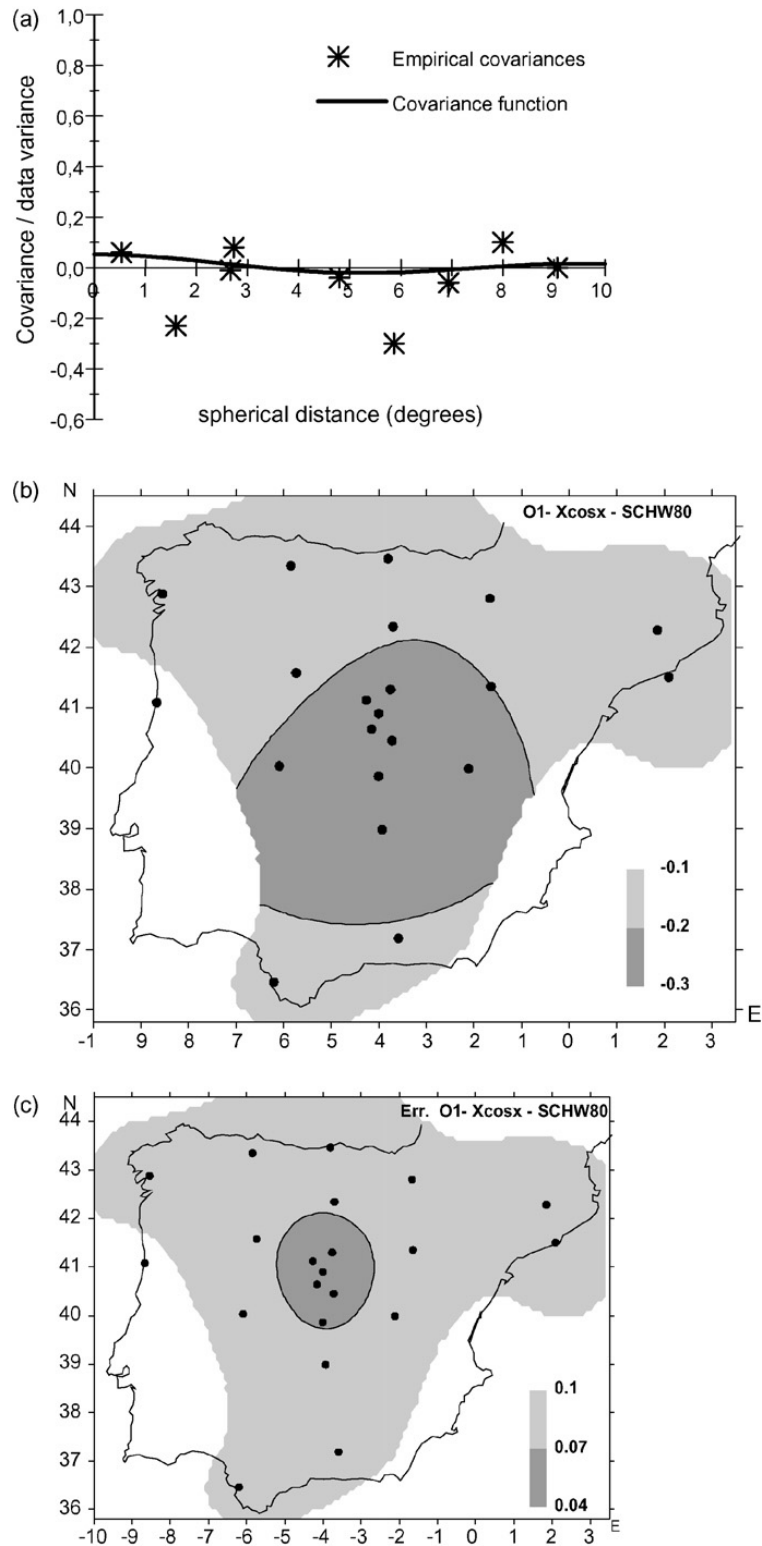


FIGURA 2.4: Análisis de autocorrelación y predicción mínimos cuadrados para los residuos de marea Xcosx para O1, de acuerdo con el modelo de Tierra DDW anelástico no hidrostático, el modelo oceánico SCHW80 y el Conjunto 1 de datos de marea (Tabla 2.2) de la Península Ibérica (sin la estación de Porto). (a) Valores empíricos de autocorrelación y función de autocorrelación ajustada (salto de la correlación: 64'), mostrando que los datos están constituidos por ruido casi incorrelado sin otros efectos correlados. (b) Señal predicha (μGal). (c) Error de predicción (μGal).

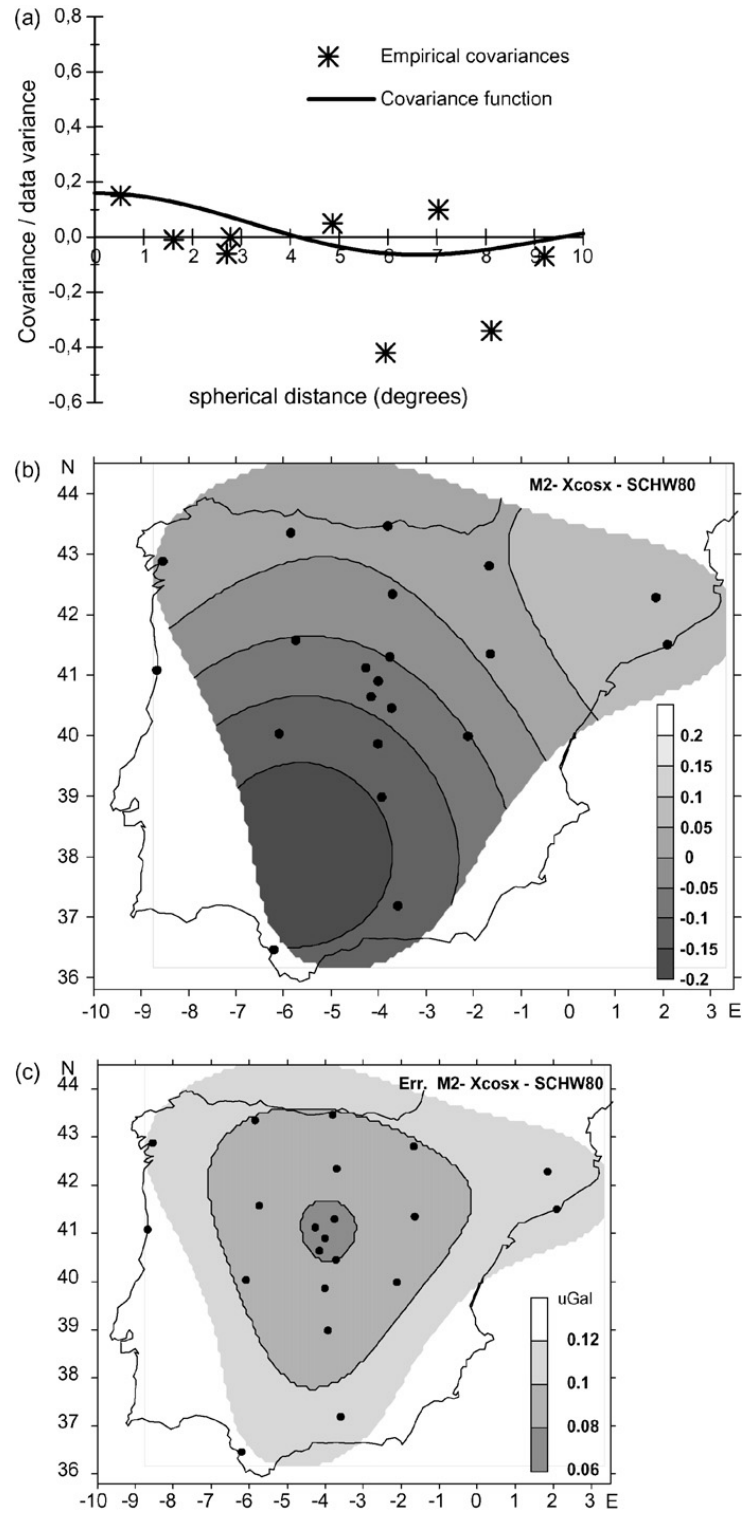


FIGURA 2.5: Análisis de autocorrelación y predicción mínimos cuadrados para los residuos de marea Xcosx para M2, de acuerdo con el modelo de Tierra DDW anelástico no hidrostático, el modelo oceánico SCHW80 y el Conjunto 2 de datos de marea (Tabla 2.2) de la Península Ibérica (sin la estación de Porto). (a) Valores empíricos de autocorrelación y función de autocorrelación ajustada (salto de la correlación: 64'). La señal correlada alcanza un 16% de varianza mostrando baja presencia de efectos que se superponen al ruido incorrelado. (b) Señal predicha (μGal). (c) Error de predicción (μGal).

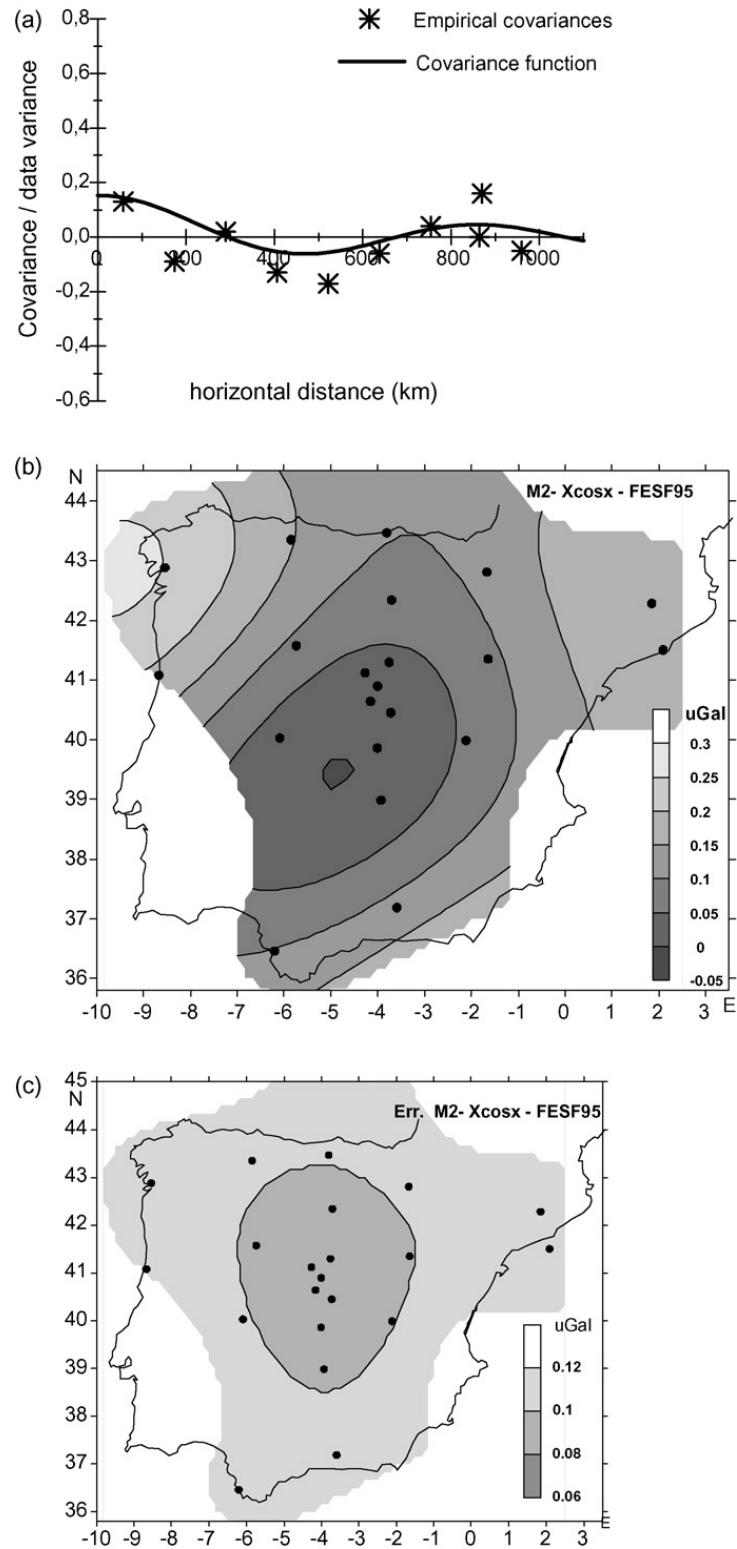


FIGURA 2.6: Análisis de autocorrelación y predicción mínimos cuadrados para los residuos de marea Xcosx para M2, de acuerdo con el modelo de Tierra DDW anelástico no hidrostático, el modelo oceánico FES95 y el Conjunto 2 de datos de marea (Tabla 2.3) de la Península Ibérica (sin la estación de Porto). (a) Valores empíricos de autocorrelación y función de autocorrelación ajustada (salto de la correlación: 64'). La señal correlada alcanza un 16% de varianza mostrando baja presencia de efectos que se superponen al ruido incorrelado. (b) Señal predicha (μGal). (c) Error de predicción (μGal).

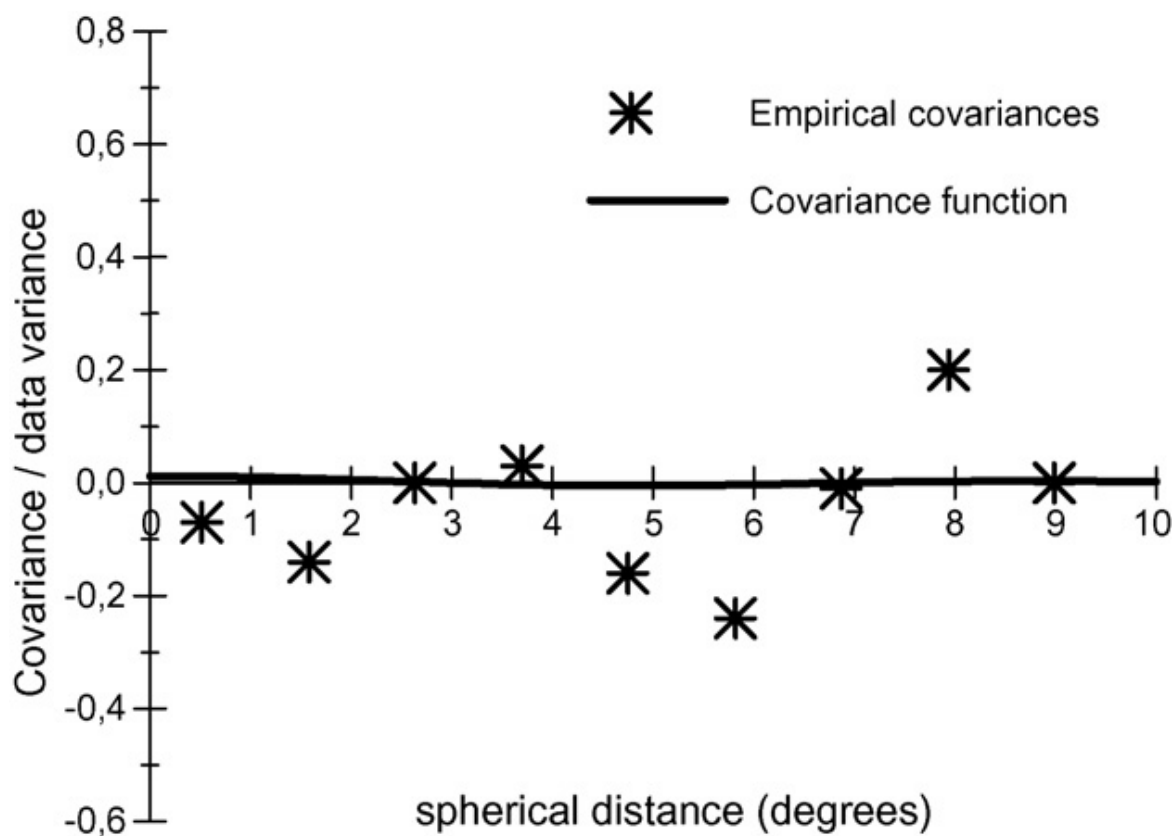


FIGURA 2.7: Análisis de autocorrelación para los residuos de marea Xcosx para M2, de acuerdo con el modelo de Tierra DDW anelástico no hidrostático y el modelo oceánico SCHW80 complementado con las cartas Iberia M2. El conjunto de datos utilizado es el Conjunto 2 (Tabla 2.3), aunque sin la estación de Porto. Salto de la correlación: 64'. El análisis indica una presencia no significativa de señal, mostrando un patrón de ruido incorrelado para los residuos de marea.

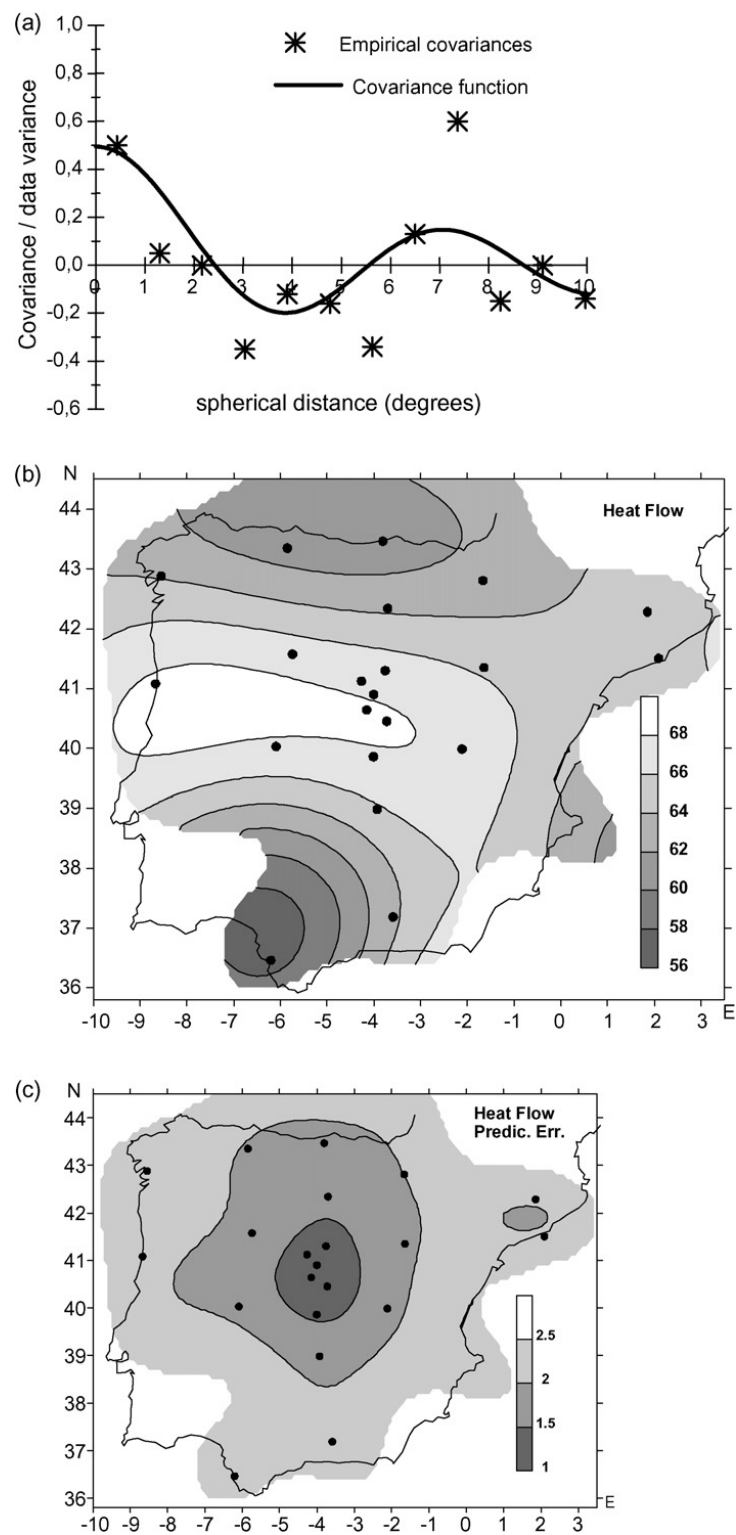


FIGURA 2.8: Análisis comparativo de autocorrelación y predicción mínimos cuadrados para los datos del flujo térmico (mWm^{-2}) en las estaciones de marea de la Península Ibérica (Tabla 2.3). (a) Valores empíricos de autocorrelación y función de autocorrelación ajustada (salto de correlación: 52°). La señal correlada alcanza una varianza de 50%, lo cual indica alta presencia de ciertos efectos superpuestos a un ruido incorrelado. (b) Señal predicha. (c) Error de predicción.

2.4 Resultados.

Con el fin de contrastar los resultados obtenidos, se realizó el mismo estudio de determinación de la señal tomando el flujo térmico como principal parámetro estructural, considerando los datos de las localizaciones geográficas de las 21 estaciones de marea. La señal correlada alcanza un 50% de varianza, siendo el resto atribuible a defectos en los datos o efectos locales. La Figura 2.8 muestra el ajuste de la función analítica para los valores empíricos de autocorrelación calculados para el flujo térmico, así como la morfología de la señal correlada y los errores de predicción.

Se han probado correlaciones lineales entre las componentes coseno del vector \mathbf{X} obtenidas para las estaciones de la red Iberia de marea y los valores de flujo térmico, temperatura en la base de la corteza (T_{moho}), resistencia litosférica integrada y edad tectonotérmica dados en la Tabla 2.3. Primero se consideró el modelo de Tierra DDW anelástico no hidrostático y el modelo oceánico SCHW80, y se examinó la correlación con la componente coseno del residuo de la onda M_2 , tanto para el Conjunto 1 de datos (Caso A) como para el Conjunto 2 (Caso B) (Tabla 2.2). El mismo análisis se realizó empleando el modelo oceánico FES95 en lugar del SCHW80 (pero sólo con el Conjunto 2) (Caso C). Finalmente, se consideró el modelo oceánico SCHW80 complementado con las cartas de marea oceánica Iberia M_2 (ver Tabla 2.3) (Caso D). La onda O_1 no forma parte de este estudio debido a la baja presencia de señal correlada en los residuos asociados. Todos los resultados obtenidos se describen en la Tabla 2.5.

Para el flujo térmico y el Caso A, la recta obtenida tiene un coeficiente de correlación $R = 0.494$, cercano al valor $R = 0.598$ obtenido por Melchior (1995) para Europa utilizando 72 estaciones. El valor medio de 62.02 mW m^{-2} (para $y = 0$) es ligeramente inferior al promedio del flujo térmico para la Península Ibérica ($65 \pm 10 \text{ mW m}^{-2}$). La pendiente resultante ($0.047 \text{ } \mu\text{Gal mW}^{-1}\text{m}^2$) es más alta que la obtenida por Melchior (1995) para Europa ($0.0113 \text{ } \mu\text{Gal mW}^{-1}\text{m}^2$) y también para Europa más el resto del mundo, excluido América del Sur ($0.020 \text{ } \mu\text{Gal mW}^{-1}\text{m}^2$). Además, el valor medio del flujo térmico para Iberia es bastante más alto que los valores considerados por Melchior (1995) (62 en lugar de 57 mW m^{-2}). Es importante reseñar que si suprimimos las estaciones de Sepúlveda y Porto (llamaremos a esta situación Caso A'), las cuales muestran valores anómalos (con residuos mayores que 1), entonces la pendiente se aproxima mucho más a los resultados de Melchior (1995), mientras que la intersección ocurre en $x = 63.41 \text{ mW m}^{-2}$, lo cual se aproxima más al valor medio para la Península

Ibérica. El Caso B presenta un coeficiente de correlación más bajo ($R = 0.276$), que ya no resulta significativo. Para el Caso C los resultados son aún peores y el coeficiente de correlación es bastante similar al reportado por Rydelek et al. (1991), que obtuvieron un valor de 0.222 después de descartar 56 de las 71 estaciones analizadas debido a su baja razón señal/ruido. En cuanto al Caso D, el coeficiente de correlación es más alto que el del caso anterior, y el valor medio para $y = 0$ (64.96 mW m^{-2}) encaja bien con el promedio del flujo térmico en Península Ibérica ($65 \pm 10 \text{ mW m}^{-2}$). La pendiente resultante es ahora $0.026 \mu\text{Gal mW}^{-1}\text{m}^2$. Adviértase que para este Caso D sólo hay valores correspondientes a 18 estaciones, ya que no existen datos del vector **L** para las estaciones de Oviedo, Túnel del Cadí y Porto (ver Tabla 2.3).

	Recta de regresión		Coeficiente de correlación	Desviación típica (μGal)	Valor para y=0 (unidad)
	$y = A + Bx$				
	A(μGal)	B(μGal/(unidad))			
Flujo Térmico (unidad = mW m⁻²)					
Caso A	-2.915	0.047	0.494	0.42	62.02
Caso A´	-1.712	0.027	0.384	0.33	63.41
Caso B	-1.369	0.022	0.276	0.38	62.23
Caso C	-1.049	0.019	0.209	0.45	55.21
Caso D	-1.689	0.026	0.345	0.34	64.96
T_{moho} (unidad = °C)					
Caso A	-0.697	0.0016	0.215	0.47	435.6
Caso A´	-0.644	0.0013	0.243	0.34	495.4
Caso B	0.106	-0.00014	-0.022	0.39	757.1
Caso C	0.441	-0.0005	-0.065	0.46	882.0
Caso D	-0.498	0.0009	0.17	0.36	553.3
Resistencia Litosférica (unidad = 10¹²N/m)					
Caso A	0.479	-0.0048	-0.231	0.47	99.79
Caso A´	0.270	-0.0033	-0.225	0.34	81.82
Caso B	0.061	-0.0004	-0.024	0.39	152.5
Caso C	-0.093	0.0015	0.075	0.46	62.0
Caso D	0.222	-0.0036	-0.212	0.36	61.67

TABLA 2.5: Resultados del análisis de regresión para residuos de gravedad con respecto a otras magnitudes geofísicas. La recta de regresión viene dada por $y = A + Bx$, donde y es el valor del residuo de marea gravimétrica en μGal y x es el parámetro correspondiente expresado en las unidades adecuadas. El Caso A corresponde al modelo oceánico SCHW80 y al Conjunto 1 de datos. El Caso A' es similar al A pero eliminando las estaciones de Sepúlveda y Porto. El Caso B se corresponde con SCHW80 y el Conjunto 2 de datos. El Caso C corresponde al Conjunto 2 y al modelo oceánico FES95. El Caso D corresponde al Conjunto 2 de datos y al modelo oceánico SCHW80 complementado con las cartas Iberia.

Para los parámetros T_{moho} y resistencia litosférica, el Caso A muestra coeficientes de correlación más bajos que para el flujo térmico (Tabla 2.5), aunque las pendientes sugieren correlaciones consistentes, indicando un incremento de los residuos de marea para litosferas más débiles. Al igual que con el flujo térmico, para el resto de los casos los coeficientes de correlación obtenidos no son significativos comparados con los valores de las desviaciones típicas. Esta correlación tan pobre se debe al hecho de que tanto T_{moho} como la resistencia litosférica dependen en gran medida del flujo térmico medido en superficie y de otros parámetros de rocas, lo cual puede dar lugar a grandes márgenes de error, que en el caso de la temperatura calculada en la base de la corteza (valor promedio: 540 °C) oscilan entre $\pm 70^{\circ}\text{C}$ y $\pm 100^{\circ}\text{C}$. Las incertidumbres asociadas a la resistencia litosférica pueden ser mucho mayores ya que hay que tener en cuenta también parámetros reológicos de las rocas.

De acuerdo con los datos globales, Melchior (1995) proponía una relación entre M_2 y la edad tectonotérmica, justificando así que para edades de más de 800 millones de años los residuos salían negativos mientras que para regiones más jóvenes que 250 millones de años los residuos salían positivos. Sin embargo, en la Península Ibérica todos los dominios geológicos son más jóvenes que 250-300 m.a. y aún así los residuos son tanto positivos como negativos. Sólo cuando se utiliza el modelo de marea oceánica FES95 con el Conjunto 2 de datos la mayor parte de los residuos (15 de 21) son positivos, mientras que para el modelo de marea oceánica Iberia M_2 la mitad son positivos y la otra mitad negativos.

2.5 Discusión y conclusiones.

El análisis de autocorrelación efectuado revela la existencia de una señal correlada en los residuos de la onda de marea M_2 , que para el modelo de marea oceánica SCHW80 y el Conjunto 1 de datos alcanza un 40% de la magnitud de los datos. Al utilizar el Conjunto 2 de datos de marea y los modelos oceánicos SCHW80 y FES95, la señal correlada decae hasta un 16%, y prácticamente desaparece cuando complementamos el modelo SCHW80 con la carta local Iberia M_2 . Estos resultados sugieren que trabajando con el modelo de marea oceánica Iberia M_2 eliminamos casi todo el efecto oceánico dejando residuos de marea prácticamente aleatorios.

Un resultado significativo del análisis de autocorrelación es que la componente coseno de la onda O_1 está formada casi exclusivamente por ruido para todos los modelos

de marea y conjuntos de datos analizados. La ausencia de efectos de heterogeneidades laterales sobre la onda de marea O_1 es un resultado común en los estudios de marea gravimétrica pese a que las magnitudes de estos efectos deberían ser similares para ambas ondas O_1 y M_2 (Baker y Bos, 2003).

El análisis de correlación entre los residuos de la onda de marea M_2 y los parámetros estructurales flujo térmico, temperatura de Moho, resistencia litosférica y edad tectonotérmica muestra un patrón similar al obtenido a partir del estudio de autocorrelación. Es decir, que al utilizar el modelo oceánico SCHW80 y los datos de marea del Conjunto 1 los resultados indican una correlación consistente, en el sentido de que cuanto más débil es la litosfera más altos son los residuos de marea. Esto es especialmente evidente para el flujo térmico medido en superficie, con resultados muy similares a los obtenidos independientemente por Melchior (1995) para toda Europa y en estudios globales. Claramente, el parámetro que mejor se correlaciona con los residuos de marea es el flujo térmico en superficie, ya que es una medida directa y por tanto menos afectada por las incertidumbres de otros parámetros estructurales. Sin embargo, después de rechazar las estaciones de poca calidad, esto es, utilizando el Conjunto 2 de datos de marea, e incluyendo modelos de marea oceánica más precisos (FES95) y modelos locales (Iberia M_2), la correlación con los parámetros estructurales es mucho más pobre, convirtiéndose principalmente en ruido.

Con posterioridad a la publicación de estos resultados en Fernández et al. (2008), se presentó un nuevo modelo local de marea oceánica para el entorno de la Península Ibérica llamado IBER01 (Benavent et al., 2009; Benavent, 2010), limitado en latitud por los paralelos 34°N y 48°N y en longitud por los meridianos 6°E y 16°W.

Utilizando los datos del vector de marea de carga oceánica y de atracción $\mathbf{L}(L, \lambda)$ calculados para el modelo global FES2004 (Lyard et al., 2006) suplementado con IBER01 (datos publicados en Benavent, 2010), se presentan en esta tesis los correspondientes residuos finales de marea gravimétrica para la onda M_2 (Tabla 2.6) y las correlaciones de dichos residuos con los parámetros geofísicos de flujo térmico, T_{moho} y resistencia litosférica (Tabla 2.7). Los datos que aparecen en estas tablas son los correspondientes a los mejores factores de calidad Q_1 y Q_2 . En la Tabla 2.7 se distinguen, además, dos casos: caso E (las 21 estaciones de marea gravimétrica) y caso E' (las 21 estaciones salvo Porto, cuya componente coseno del residuo final supera el triple de la desviación típica y es sin duda un dato anómalo).

Los resultados de estas nuevas correlaciones apoyan los presentados en Fernández et al. (2008), en el sentido de que los coeficientes de correlación son bajos, sin ninguna significación estadística, y son aún más bajos cuando se elimina de la muestra la estación anómala de Porto (caso E').

Los datos obtenidos a partir del modelo local IBER01 tampoco apoyan de forma concluyente que pueda existir algún tipo de relación entre M_2 y la edad tectonotérmica, pues tan sólo un 60% de los residuos son positivos (13 de 21).

De este modo, tanto los resultados de Fernández et al. (2008) como las últimas correlaciones presentadas en esta Tesis Doctoral confirman las conclusiones sugeridas por Rydelek et al. (1991) en la línea de que las grandes incertidumbres asociadas a las mediciones tanto de las mareas gravimétricas como de los parámetros estructurales enmascaran cualquier posible relación entre las primeras y los últimos, haciendo que cualquier correlación empírica resulte dudosa.

Por último, estos resultados para la Península Ibérica concuerdan con estudios teóricos que concluyen que las distorsiones del campo de gravedad de marea por desviaciones locales, regionales e incluso a gran escala de una Tierra elástica homogénea son muy pequeñas y por tanto difíciles de observar con los instrumentos actualmente disponibles. En cambio, el campo de deformación de marea medido con clinómetros y extensómetros se muestra notablemente perturbado por las heterogeneidades locales (Harrison, 1985; Zürn, 1997). De acuerdo con Beaumont y Berger (1974), las regiones con sismicidad activa pueden mostrar variaciones fácilmente medibles en marea clinométrica y en amplitud de deformación bajo ciertas condiciones de esfuerzos. Según estos autores, la marea clinométrica y las amplitudes de la deformación pueden experimentar una variación de hasta el 50% dentro de una distancia de una o dos escalas de longitud a partir de la discontinuidad (falla). Este podría ser el caso de las regiones sur, norte y noroeste de la Península Ibérica, que se caracterizan por sismicidad activa (Buform et al., 1995; Souriau y Pauchet, 1998; Martínez-Díaz et al., 2006). Sin embargo, en este momento no hay suficientes datos de este tipo relativos a la Península Ibérica para confirmar este último punto.

ICET Cód.	Estación	Elev. (m)	Espesor Corteza/Litosf. (km)	Edad Tectonotérmica	Flujo Térmico (mW/m ²)	T_{moho} (°C)	Resistencia Litosférica (10 ¹² N/m)	M_2 (FES2004/IBER01) (μGal)		Q_1	Q_2	Factor Normal.
								$X_{cos\chi}$	$X_{sen\chi}$			
401	Valle Los Caídos	1035	34 / 100	Intermedia	70	608	44.6	-0.018	0.196	11.1	21.8	1.01044
406	San Fernando	4	30 / 137	Alpina	50	426	115.7	-0.135	0.790	2.3	5.4	0.93898
402	Madrid Facul	735	32 / 96	Intermedia	70	593	44.5	0.178	-0.019	14.0	35.7	1.00000
414	La Granja	1110	34 / 98	Intermedia	65	602	45.5	-0.291	0.224	2.1	7.6	0.96881
411	Barcelona	235	28 / 92	Alpina	70	349	47.5	0.018	0.036	4.2	7.7	0.96881
412	Carbonero	920	32 / 93	Intermedia	70	607	39.4	0.035	-0.135	2.8	6.8	0.96988
405	Burgos	935	34 / 101	Intermedia	67	606	45.6	0.622	-0.039	1.7	5.8	0.99126
404	Santander	0	30 / 118	Alpina	58	480	84.3	-0.147	1.859	2.0	6.1	0.93898
409	Cubillos	725	32 / 103	Herciniana	65	558	55.5	0.040	0.118	11.6	19.4	0.96881
427	Santiago	300	31 / 114	Herciniana	65	504	75.5	0.801	0.743	2.4	9.3	0.96881
417	Arcas	1070	34 / 103	Intermedia	65	598	48.1	0.334	-0.175	1.2	4.2	0.96988
413	Ciudad Real	685	32 / 103	Herciniana	65	562	54.3	-0.025	-0.012	3.1	10.5	0.96881
433	Calatayud	665	35 / 123	Intermedia	65	551	74.5	-0.151	-0.122	7.8	16.9	0.96881
407	Sepúlveda	1065	34 / 104	Intermedia	70	595	49.4	-0.364	0.233	2.0	5.3	0.96881
434	Oviedo	350	40 / 162	Alpina	57	485	115.7	0.047	0.566	6.4	11.9	0.99203
403	Granada	1120	35 / 117	Alpina	65	556	68.2	0.358	0.244	3.9	11.5	0.96881
420	Pamplona	650	39 / 155	Alpina	60	517	104.9	0.305	-0.653	4.3	9.7	0.96988
419	Plasencia	490	32 / 117	Herciniana	65	507	77.3	0.075	-0.365	8.0	16.2	0.96988
424	Túnel del Cadí	1180	40 / 140	Alpina	62	566	84.3	0.437	-0.335	5.0	7.0	0.99270
480	Porto	65	29 / 110	Herciniana	70	495	73.2	1.760	-2.272			
410	Toledo	615	32 / 108	Herciniana	65	543	62.7	-0.502	-0.359	0.7	2.1	0.96881

TABLA 2.6. Las 21 estaciones de la red Iberia de marea gravimétrica, con los siguientes datos: elevación (sobre el nivel del mar), flujo térmico, espesor de la corteza y de la litosfera, edad tectonotérmica, temperatura en la base de la discontinuidad de Mohorovicic, resistencia litosférica y factores de calidad Q_1 y Q_2 . La tabla incluye también los datos de los residuos finales $X_{cos\chi}$ y $X_{sen\chi}$ para la onda M_2 , de acuerdo con el modelo de Tierra DDW anelástico no hidrostático y el modelo oceánico global FES2004 complementado con el modelo local IBER01. Todas las observaciones fueron realizadas con gravímetros LaCoste & Romberg, excepto en el caso de la estación de Burgos, donde se empleó un Askania GS 15. No hay datos sobre factores de calidad para Porto. Se incluye el factor F de normalización relativo a la calibración (véase Melchior 1994b). Los valores de espesores corticales y litosféricos están tomados de Badal et al. (1996), Banda (1988), Torné et al. (2000) y Zeyen y Fernández (1994).

	Recta de regresión $y = A + Bx$		Coeficiente de correlación	Desviación típica (μGal)	Valor para y=0 (unidad)
	A(μGal)	B(μGal/(unidad))			
Flujo Térmico (unidad = mW m⁻²)					
Caso E	-1.0854	0.0193	0.204	0.46	56.24
Caso E´	-0.0781	0.0025	0.039	0.32	31.24
T_{moho} (unidad = °C)					
Caso E	0.4451	-0.0005	-0.073	0.51	890.20
Caso E´	-0.079	0.0003	0.062	0.32	263.00
Resistencia Litosférica (unidad = 10¹²N/m)					
Caso E	0.0421	0.0018	0.086	0.47	-23.39
Caso E´	0.0234	0.0009	0.064	0.32	-26.00

TABLA 2.7: Resultados del análisis de regresión para residuos de marea gravimétrica con respecto a otras magnitudes geofísicas, correspondiente al modelo oceánico global FES2004 complementado con el modelo local IBER01. La recta de regresión viene dada por $y = A + Bx$, donde y es el valor del residuo de marea gravimétrica en μGal y x es el parámetro correspondiente expresado en las unidades adecuadas. En el Caso E se han utilizado las 21 estaciones de la red Iberia de marea gravimétrica, mientras que en el Caso E' se ha excluido la estación anómala de Porto.

CAPÍTULO 3.

Relación entre mareas y terremotos.

Este capítulo constituye la base de un trabajo actualmente en fase de desarrollo y que llevará por título “Tidal stress and earthquakes correlation in California”, así como de otro trabajo relativo a los códigos Fortran utilizados y desarrollados para los cálculos. Ambos trabajos se enviarán a revistas de impacto internacional en breve.

3.1 Introducción.

3.1.1 Sismicidad.

Los primeros estudios sobre los terremotos los encontramos en los escritos de los filósofos griegos de los siglos VI y V a. de C. En el siglo IV a. de C., Aristóteles identifica movimientos verticales y horizontales en los terremotos y plantea como origen de los mismos la irrupción repentina al exterior de aire muy caliente que procede del interior de la Tierra. No tardarían en quedar claras dos cosas: la existencia de algún tipo de relación entre volcanes y terremotos, y que ambos fenómenos tienen su génesis en procesos que ocurren en el interior de la Tierra (Udías y Mezcua, 1997). Ya en el siglo XVIII, se propone la teoría de que los terremotos se deben a explosiones de material inflamable oculto en el interior de la Tierra (Udías, 1999).

Tras el importante terremoto de Lisboa en 1755, aumenta enormemente el interés científico sobre los orígenes y los efectos de estos eventos, si bien hay que esperar al siglo XIX para ver los primeros trabajos que intentan determinar con cierta precisión tanto el punto en que realmente se origina el sismo (foco o hipocentro) como su proyección sobre la superficie (epicentro), abandonando la teoría explosiva en favor de la teoría del foco sísmico de R. Mallet, que implica que ondas elásticas se propagan en todas direcciones a partir de un punto de ruptura en la corteza terrestre (Udías, 1999).

Los primeros intentos de identificar epicentros e hipocentros se basaban en estudiar la distribución de los daños causados por los terremotos y en identificar patrones direccionales en las grietas de las zonas afectadas. Posteriormente, y tras el desarrollo de los sismógrafos y la proliferación de observatorios, el foco sísmico se identifica a partir de los registros de las ondas sísmicas. El foco pasará a definirse como el punto inicial en el espacio y en el tiempo de la emisión de dichas ondas. Por tanto, quedará totalmente determinado con los cuatro parámetros siguientes: el tiempo origen (t), las coordenadas geográficas del epicentro (ϕ, λ) y la profundidad (h) (Udías y Mezcua, 1997).

Esta información es la base de los catálogos sísmicos, tanto globales como regionales, que desde principios del siglo XX han ido proliferando y han posibilitado el estudio de la distribución geográfica de los terremotos. Como ejemplo de catálogo mundial podemos citar el que publica regularmente el National Earthquake Information Service (EE.UU.). Catálogos locales son los que, por ejemplo, publica el Northern California Seismic Network (NCSN), que contienen información sísmica referida a California. El estudio de la sismicidad de una región es importante ya que de él pueden determinarse características geodinámicas y pueden evaluarse los riesgos sísmicos (Udías y Mezcua, 1997).

La distribución global de los terremotos llama la atención porque no es uniforme. Por el contrario, la mayoría de los eventos sísmicos están agrupados en bandas estrechas que parecen separar unos continentes de otros. Naturalmente, la explicación está en la teoría de la tectónica de placas (Udías y Mezcua, 1997). La litosfera terrestre está dividida en siete placas principales, y hay tres tipos de límite intraplaca en función del comportamiento tectónico de las mismas. Si dos placas se separan la una de la otra, entonces el borde que las separa es una zona de extensión o divergencia, caracterizada por terremotos superficiales y relacionados con dorsales oceánicas. Si dos placas chocan la una contra la otra, entonces su frontera es una zona de subducción en la que la litosfera de una placa penetra por debajo de la litosfera de la otra, y los terremotos pueden llegar a ser

muy importantes. Por último, si el movimiento de una placa es horizontal con respecto al movimiento de la otra placa, entonces el borde que las separa es una falla de desgarre (como la de San Andrés, en California) y se caracteriza por terremotos poco profundos pero que pueden llegar a ser de magnitud muy alta. Los terremotos que ocurren en las zonas interiores delimitadas por los bordes de placas se llaman intraplaca, en oposición a los que suceden en las bandas de separación, que se llaman interplaca.

El modo más intuitivo de describir el tamaño de un terremoto es basándonos en los daños que ha causado a las construcciones o al terreno. Se define entonces la intensidad de un terremoto en un punto de la superficie terrestre como la fuerza con que el evento sísmico se percibe en dicho punto. Esta intensidad se medirá en base a la destrucción causada. Evidentemente, esta medida es subjetiva. De hecho, a lo largo de los años han ido apareciendo distintas escalas de intensidad, si bien las más utilizadas son la Mercalli Modificada (Wood y Newman, 1931) y la MSK (Medvedev et al., 1967). Resulta necesario, por tanto, utilizar otro sistema de medir la importancia de los eventos sísmicos que sea cuantificable de un modo preciso. Surgen entonces las escalas de magnitudes (Gutenberg y Richter, 1936). Partiendo de datos de terremotos ocurridos en California, Richter define la magnitud M como (Udías y Mezcua, 1997)

$$M = \log A - \log A_0, \quad [3.1]$$

donde A es la amplitud máxima registrada en una estación por un sismógrafo de unas características específicas (concretamente, un sismógrafo de torsión Wood-Anderson) y A_0 la amplitud correspondiente a la misma distancia de un terremoto de $M = 0$ elegido como patrón. Esta definición, inicialmente planteada para terremotos locales, se ha ido cambiando con el tiempo para extenderse a grandes distancias y para no depender de amplitudes medidas con un tipo concreto de sismógrafo. Actualmente existen dos escalas principales, una basada en el estudio de las amplitudes de ondas internas, y otra basada en las amplitudes de las ondas superficiales (Aki y Richards, 2002). La escala de magnitudes de las ondas internas se define como (Udías y Mezcua, 1997)

$$m_b = \log \frac{A}{T} + \sigma(\Delta), \quad [3.2]$$

siendo A la amplitud en micras del movimiento del suelo debido a la onda P o S estudiada, T el periodo y $\sigma(\Delta)$ una función de calibración diseñada para corregir el efecto de la atenuación de las ondas con la distancia. En cuanto a las ondas superficiales, su magnitud asociada se define como (Udías y Mezcua, 1997)

$$M_s = \log \frac{A}{T} + 1.66 \log \Delta + 3.3, \quad [3.3]$$

donde A es la amplitud en micras del movimiento del suelo debido a la onda superficial, T el periodo y Δ la distancia epicentral en grados. La relación entre las expresiones [3.2] y [3.3], obtenida empíricamente, es la siguiente (Udías y Mezcua, 1997):

$$m_b = 2.5 + 0.63 M_s. \quad [3.4]$$

Pese a todo, para terremotos locales (registrados a menos de 500 km) se sigue utilizando una definición de magnitud idéntica a la original de Richter solo que extendida a otros tipos de sismógrafos.

La energía liberada E por un terremoto puede expresarse en función tanto de la magnitud m_b como de la magnitud M_s , a partir de las fórmulas (Udías y Mezcua, 1997):

$$\log E = 5.8 + 2.4 m_b, \quad [3.5]$$

$$\log E = 11.8 + 1.5 M_s. \quad [3.6]$$

La energía liberada total E_T será la suma de la energía que haya podido radiarse como ondas elásticas (E_S) y la que se haya disipado como calor u otros medios no elásticos (E_R), es decir (Udías y Mezcua, 1997),

$$E_T = E_S + E_R. \quad [3.7]$$

La razón (Udías y Mezcua, 1997)

$$\eta = \frac{E_s}{E_T}, \quad [3.8]$$

se llama coeficiente de eficiencia sísmica, y representa la parte de la energía total que se ha convertido en ondas elásticas.

La teoría del rebote elástico (Reid, 1910) es el primer modelo de mecanismo de origen de los terremotos. Este modelo establece que los terremotos ocurren cuando en una región se han estado acumulando deformaciones elásticas hasta llegar a un punto en que se sobrepasa la resistencia de los materiales, lo que implica una fractura en la corteza terrestre cuyas dos partes se deslizan la una respecto de la otra mientras las deformaciones acumuladas se relajan. Estos procesos de acumulación de energía elástica pueden durar cientos de años, mientras que el terremoto al que dan origen apenas dura unos segundos. Esta ruptura de una parte de la corteza, y que es la causa del terremoto, se llama falla y sus parámetros se definen en la Figura 3.1.

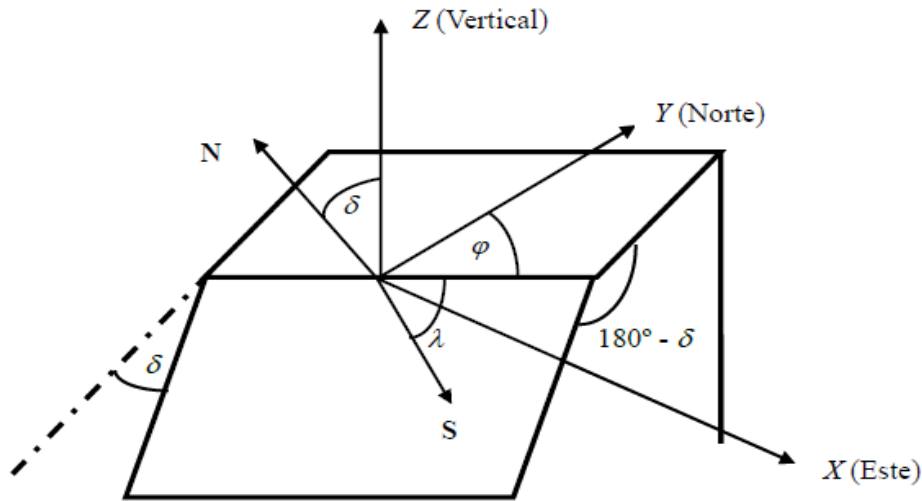


FIGURA 3.1: Componentes de una falla y vectores deslizamiento S y normal N al plano de falla, dentro de un sistema de coordenadas rectangulares $\{X, Y, Z\}$. El acimut φ es el ángulo que forma el Norte con la traza de la falla, medido de 0° a 360° en el sentido de las agujas del reloj desde el Norte; el buzamiento δ se mide hacia abajo desde la horizontal ($0^\circ \leq \delta \leq 90^\circ$); y el ángulo de deslizamiento λ es el ángulo entre la dirección de la traza de la falla y el vector de deslizamiento S , medido en el plano de falla. La convención establece que si λ está comprendido en el rango $(0, \pi)$ el mecanismo de falla se llama inverso, mientras que si λ está en el rango $(-\pi, 0)$ el mecanismo de falla se llama normal (basado en Aki y Richards, 2002).

Los ángulos δ y λ van a determinar los diversos tipos de fallas y sus movimientos. Por ejemplo, si $\delta = 90^\circ$ y $\lambda = 0^\circ$ tenemos una falla de desgarre con movimiento horizontal, mientras que si $\delta = 45^\circ$ y $\lambda = -90^\circ$ lo que tenemos es una falla normal con movimiento vertical. De hecho, los valores que tome el ángulo λ ya nos permiten clasificar todas las fallas dentro de cuatro categorías (cinco, si consideramos categorías distintas las oblicuas inversas y las oblicuas normales), tal y como se refleja en la Tabla 3.1.

Tipo de falla	Ángulo λ
De desgarre	$0^\circ \leq \lambda \leq 30^\circ$; $150^\circ \leq \lambda \leq 180^\circ$
Inversa	$60^\circ \leq \lambda \leq 120^\circ$
Normal	$-120^\circ \leq \lambda \leq -60^\circ$
Inversa oblicua	$30^\circ < \lambda < 60^\circ$; $120^\circ < \lambda < 150^\circ$
Normal oblicua	$-150^\circ < \lambda < -120^\circ$; $-60^\circ < \lambda < -30^\circ$

TABLA 3.1: Clasificación de los distintos tipos de falla en función del ángulo de deslizamiento λ (Bonilla y Buchanan, 1970).

3.1.2 Sismicidad y mareas.

Las mareas, fenómeno principalmente lunisolar, sacuden todo nuestro planeta, forzando y relajando rítmicamente cada falla geológica de forma periódica. Estas variaciones cíclicas de esfuerzos alcanzan amplitudes de entre 10 y 100 hPa (Tanaka, 2010), que son pequeñas comparadas con las caídas de esfuerzos asociadas a los terremotos (10^3 – 10^5 hPa; Métivier et al., 2009), pero cuya tasa de variación puede alcanzar valores próximos a los 10 hPa/hora, perfectamente comparables (o incluso superiores) a las tasas de variación de los esfuerzos tectónicos (la acumulación de esfuerzos entre terremotos, por ejemplo, puede estar en torno a 0.2 hPa/hora; Emter, 1997). Puesto que los esfuerzos de marea, con sus rápidas variaciones, están siempre presentes, y se superponen a los esfuerzos tectónicos de lento incremento, podrían actuar como un posible detonante de un terremoto. Esto ha originado que se hayan realizado muchos estudios buscando relaciones entre las mareas y la ocurrencia de terremotos.

Hasta la fecha, sólo unos pocos estudios basados en catálogos globales de terremotos han descrito alguna correlación significativa entre mareas y terremotos (Tsuruoka et al., 1995; Métivier et al., 2009). En la mayor parte de los casos no se

encuentra ninguna correlación (p.e., Simpson, 1967; Heaton, 1982; Hartzell y Heaton, 1989).

Los estudios basados en catálogos regionales también dan resultados contradictorios, pues mientras algunos trabajos muestran correlaciones estadísticamente significativas (Young y Zurn, 1979), otros no lo hacen (Vidale et al., 1998).

Sí se han descrito correlaciones especialmente altas para enjambres de terremotos, esto es, secuencias de terremotos en las que resulta difícil distinguir el principal de sus réplicas o premonitores (ver Klein, 1976), y para sismos asociados a áreas volcánicas (Rydelek et al., 1988). Las correlaciones con enjambres se suelen explicar en base a la no uniformidad de los esfuerzos en el medio donde se encuentra la falla (como resultado de flujo de fluido de poro o la migración de magma) y a la heterogeneidad local de los materiales de las zonas en las que se producen los enjambres. Como consecuencia, estas regiones tienen más probabilidades de alcanzar los esfuerzos críticos y también de pasar más tiempo en ese estado crítico de esfuerzos, incrementándose así la susceptibilidad al “triggering” causado por mareas (Klein, 1976). La correlación con terremotos de tipo volcánico se explica aduciendo que los volcanes son estructuras inestables y los pequeños efectos producidos por las mareas pueden abrir y cerrar ciertas “válvulas” que unen conductos eruptivos, liberando de ese modo esfuerzos magmáticos y tectónicos (Emter, 1997).

Como veíamos en el Capítulo 1, a la hora de calcular las mareas debemos considerar dos términos: una componente directa debida a la atracción de los cuerpos perturbadores (fundamentalmente, la Luna y el Sol), y una componente indirecta debida a la carga oceánica. El término de carga oceánica debe incluirse en el análisis ya que puede jugar incluso un papel mucho más importante que el término directo en las áreas costeras. Tanaka et al. (2002) calcularon esfuerzos de marea para un catálogo global de 9350 terremotos, considerando el efecto de carga oceánica con la ayuda del modelo de marea oceánica NAO99b (Matsumoto et al., 2000), que implementa datos de 5 años de observación del satélite TOPEX/POSEIDON en un modelo hidrodinámico global de cuadrícula $0.5^\circ \times 0.5^\circ$. Tras clasificar los eventos en función de su tipo de falla, Tanaka et al. (2002) encuentran importantes correlaciones entre esfuerzos de marea y terremotos, concretamente para los tipos de falla inversa y normal. Justificaron la ausencia de correlaciones con terremotos de tipo de falla de desgarre como consecuencia del hecho de que las amplitudes de esfuerzos de marea son menores en la dirección horizontal (que es la

predominante en estas fallas) que en la dirección vertical (que es la predominante en las fallas inversas o normales).

Emter (1997) advierte contra esta metodología de dividir las series en pequeños subconjuntos, pues ello puede comprometer la relevancia estadística de los resultados. Se ha visto también en otros trabajos, como el de Tsuruoka et al. (1995), que los subconjuntos con menor número de eventos son los que tienen las mejores correlaciones. En cambio, en el trabajo de Tanaka et al. (2002), el subconjunto con el mayor número de eventos (2823 terremotos de falla inversa) es también el que consigue la correlación más significativa con el esfuerzo de marea.

Aunque Tanaka et al. (2002) utilizan la componente del esfuerzo de cizalla de marea en la dirección del deslizamiento de la falla, y también la traza del tensor de esfuerzos de marea, no consideran los efectos de la componente del esfuerzo de marea que es normal al plano de falla. El motivo es que el cálculo de esta componente normal requiere poder identificar en cada terremoto el plano de falla real y el plano auxiliar. Sin embargo, puesto que las componentes del esfuerzo de marea que más significativamente van a afectar al movimiento de una falla son el esfuerzo normal y el esfuerzo de cizalla en la dirección del deslizamiento de la falla (Xu et al., 2011), una combinación de estos dos términos llamada Transferencia de Esfuerzo de Coulomb de Marea (en inglés, Tidal Coulomb Failure Stress, o TCFS, que es la notación que utilizaremos en esta memoria) se ha considerado en muchos estudios (Vidale et al., 1998; Cochran et al., 2004). De acuerdo con Fischer et al. (2006), podemos expresar el TCFS, σ_c , como:

$$\sigma_c = \sigma_s + f \sigma_n, \quad [3.9]$$

donde σ_s es el esfuerzo de marea evaluado en la dirección del deslizamiento de la falla, σ_n es el esfuerzo de marea normal (positivo para extensión) y f es un coeficiente efectivo de fricción que incorpora los efectos de presión de poro (King et al., 1994). Cuando el esfuerzo de marea normal σ_n es positivo (es decir, apunta hacia fuera del plano de falla, según nuestro criterio de signo) la presión normal total sobre la falla disminuye, lo cual favorece el deslizamiento de la falla. Si, por el contrario, el esfuerzo normal σ_n es negativo (es decir, apunta hacia el plano de falla) la presión normal total sobre la falla aumentará, lo cual dificulta el deslizamiento de la falla. Análogamente, cuando la

componente del esfuerzo de marea en la dirección del deslizamiento de falla (σ_s) es positiva, es decir, tiene la misma dirección y sentido que el deslizamiento de la falla, entonces estamos ante una situación que favorece el movimiento de la falla. Y en caso contrario (es decir, cuando σ_s tiene sentido contrario al desplazamiento de la falla) la situación dificulta el movimiento de la falla.

El interés de TCFS está en que su signo (positivo o negativo) nos va a indicar si el efecto conjunto de σ_s y σ_n favorece o no el deslizamiento de la falla (Xu et al., 2011). En efecto, TCFS será positivo si se da alguna de las siguientes circunstancias:

- a) Tanto σ_s como σ_n son positivas y, por tanto, cada una de ellas tiene un efecto a favor del movimiento de la falla;
- b) σ_s es positiva y σ_n es negativa, pero el efecto favorable de σ_s supera el efecto desfavorable de $f\sigma_n$, es decir, el esfuerzo resultante promueve el deslizamiento de la falla;
- c) σ_s es negativa y σ_n positiva, pero el efecto favorable de $f\sigma_n$ supera el efecto desfavorable de σ_s , es decir, que la suma de esfuerzos sigue facilitando el movimiento de la falla.

Por tanto, si $TCFS > 0$ entonces la falla es propensa a desplazarse. Y por el contrario, si $TCFS < 0$ entonces el efecto es contrario al deslizamiento de la falla.

Un estudio global de Xu et al. (2011) basado en el estudio del signo de TCFS encuentra ciertos patrones asociados a la latitud. Según este trabajo, para las fallas normales habría importantes efectos favorables al desencadenamiento de terremotos para valores de latitud bajos y medios; para las fallas inversas dichos efectos serían igualmente evidentes en latitudes medias y altas; y para las fallas de desgarre los efectos disminuyen al incrementarse la latitud.

Otro estudio global realizado por Cochran et al. (2004) se centra explícitamente en fallas inversas poco profundas (entre 0 y 40 km), ya que estos terremotos pertenecen a regiones donde los esfuerzos de marea son mayores, el mecanismo focal es bien conocido y las presiones de confinamiento son más bajas. Sus resultados muestran una clara correlación entre los valores máximos de TCFS y los terremotos poco profundos de falla inversa (Cochran et al., 2004).

Otros trabajos recientes muestran también una fuerte correlación entre el esfuerzo de marea y temblores no volcánicos (Lambert et al., 2009). La razón que dan para que esa

modulación por marea del temblor no volcánico sea tan evidente es que está asociada a deslizamientos lentos interplaca (Rubinstein et al., 2008; Thomas et al., 2009). De este modo, pequeños incrementos de esfuerzos como los causados por las mareas pueden aumentar tanto la tasa de terremotos como la de temblores no volcánicos.

Según Beeler y Lockner (2003), la correlación entre la sismicidad y los esfuerzos periódicos de marea debería ser notable si dichos periodos fueran más largos que la nucleación de un terremoto (es decir, la diferencia temporal entre el principio de un deslizamiento detectable y la ruptura sísmica). En caso contrario, la correlación debería ser más débil, reflejando una reacción retardada de las fallas a las variaciones de esfuerzos, como se ha visto en trabajos previos sobre fricción de rocas y fallas (Das y Scholz, 1981; Lockner, 1998). Puesto que la duración típica de la nucleación de un terremoto está entre 1.2 y 18.2 años, según los experimentos de laboratorio de Beeler y Lockner (2003) a partir de la formulación de Dieterich (1994), resulta evidente que nos encontramos ante esta última opción. Beeler y Lockner (2003) estiman el número de eventos N_{bl} necesarios para detectar una correlación mediante la expresión

$$N_{bl} \approx \frac{-\ln(P)}{(\Delta\sigma/2a\zeta_n)^2}, \quad [3.10]$$

donde P es la probabilidad, $\Delta\sigma$ es la amplitud del esfuerzo de marea, ζ_n es el esfuerzo normal total a través de la falla, y a es una constante sin dimensiones cuyo valor fue experimentalmente obtenido por Beeler y Lockner (2003) como 0.0045 ± 0.002 . Si, por ejemplo, consideramos $\Delta\sigma = 0.004$ MPa, $\zeta_n = 90$ MPa (un valor adecuado, considerando una presión de fluido hidrostática a 5 km de profundidad), y el rango de valores habitual de a , entonces [3.10] implica que el número de terremotos N_{bl} necesarios para detectar una correlación con un nivel de confianza del 95% estaría entre 38000 y 260000 (Wilcock, 2009). Sin embargo, algunas estimaciones de $a\zeta_n$ a partir de datos de observación (Toda et al., 1998; Belardinelli et al., 1999) sugieren que el rango de valores de a deducido por Beeler y Lockner (2003) puede haber sido sobreestimado o que ζ_n es menor de lo esperado, lo que significa que los posibles valores de N_{bl} pueden ser más bajos que los estimados inicialmente por Beeler y Lockner (2003). Además, ζ_n puede disminuir debido a fluidos sometidos a presiones casi litostáticas (Thomas et al., 2009), lo cual implicaría valores de N_{bl} más pequeños.

A modo de ejemplo, si asumimos $\Delta\sigma = 0.004$ MPa y $\zeta_n = 18$ MPa km⁻¹ en un rango de profundidades entre 5 y 15 km, entonces un número de eventos $N_{bl} = 2500$ puede cumplir la ecuación [3.10] con un nivel de confianza del 95% si se cumple que $0.00021 < a < 0.00064$ ó $8.9 \text{ MPa} < \zeta_n < 23.1 \text{ MPa}$. Estos valores de a y ζ_n son, además, coherentes con las observaciones de $a\zeta_n$ realizadas por Toda et al. (1998) y Belardinelli et al. (1999).

En este capítulo se estudia la correlación entre TCFS y terremotos utilizando el catálogo de la red sísmica de California NCSN (www.ncedc.org). Vidale et al. (1998) examinaron 13042 terremotos (fundamentalmente de desgarre) próximos a las fallas de San Andrés y Calaveras en California, cubriendo todas las magnitudes posibles (incluso las magnitudes próximas a 0). No encontraron una correlación significativa entre los tiempos origen de esos eventos y los esfuerzos de marea. Kansowa y Tatnall (2010), utilizando sólo eventos de magnitud $M \geq 3$, encontraron correlaciones entre la ocurrencia de los terremotos y los desplazamientos verticales por marea en dos conjuntos de eventos centrados en torno a dos áreas en las que el mecanismo focal predominante es el de desgarre: la falla de San Andrés (Vidale et al., 1998) y Long Valley caldera (Prejean et al., 2002).

En la investigación que presentamos en este capítulo estudiamos la existencia de correlaciones entre los tiempos origen de los terremotos de California y los esfuerzos de Coulomb de marea (TCFS), utilizando todas las magnitudes por encima de la magnitud de completitud del catálogo (magnitud mínima a partir de la cual el 100% de los terremotos de un volumen espacio-temporal pueden detectarse; ver Mignan y Woessner, 2012), y clasificando los eventos en función de su tipo de falla y rango de amplitud, buscando proporcionar una imagen lo más completa posible del fenómeno que estamos investigando.

3.1.3 Esfuerzo y deformación.

En lo que sigue, supondremos que la Tierra es un medio continuo, es decir, un medio ideal donde la distancia entre dos puntos contiguos puede hacerse infinitamente pequeña. En este contexto, llamaremos partícula a un punto sin dimensiones. El movimiento de una partícula en un medio continuo puede describirse con la ayuda del vector de desplazamientos $\mathbf{u}(\mathbf{x}, t)$, que representa el desplazamiento que ha realizado en un tiempo t una partícula que ocupaba una posición \mathbf{x} en un instante de referencia t_0 . En un medio continuo, los movimientos pueden ser traslaciones y/o rotaciones del medio en sí, o bien deformaciones internas dentro del propio medio (Lay y Wallace, 1995). Las primeras pueden definirse utilizando un vector desplazamiento común a todas las partículas del

medio. En cuanto a las deformaciones internas, la Figura 3.2 explica las variaciones espaciales y temporales del campo de desplazamientos $\mathbf{u}(\mathbf{x}, t)$ que experimentan dos partículas O y P del medio tras aplicarle a éste una fuerza.

En este caso, tendremos tanto deformaciones longitudinales (la distancia Δs pasa a ser $\Delta s'$) como de cizalla (la línea OP tiene que rotar para convertirse en O'P'), siempre con respecto a un sistema fijo de coordenadas. Empleando la notación de la Figura 3.2., la deformación longitudinal la podemos definir como (Lay y Wallace, 1995):

$$e_l = \lim_{\Delta s \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta s' - \Delta s}{\Delta s} \right). \quad [3.11]$$

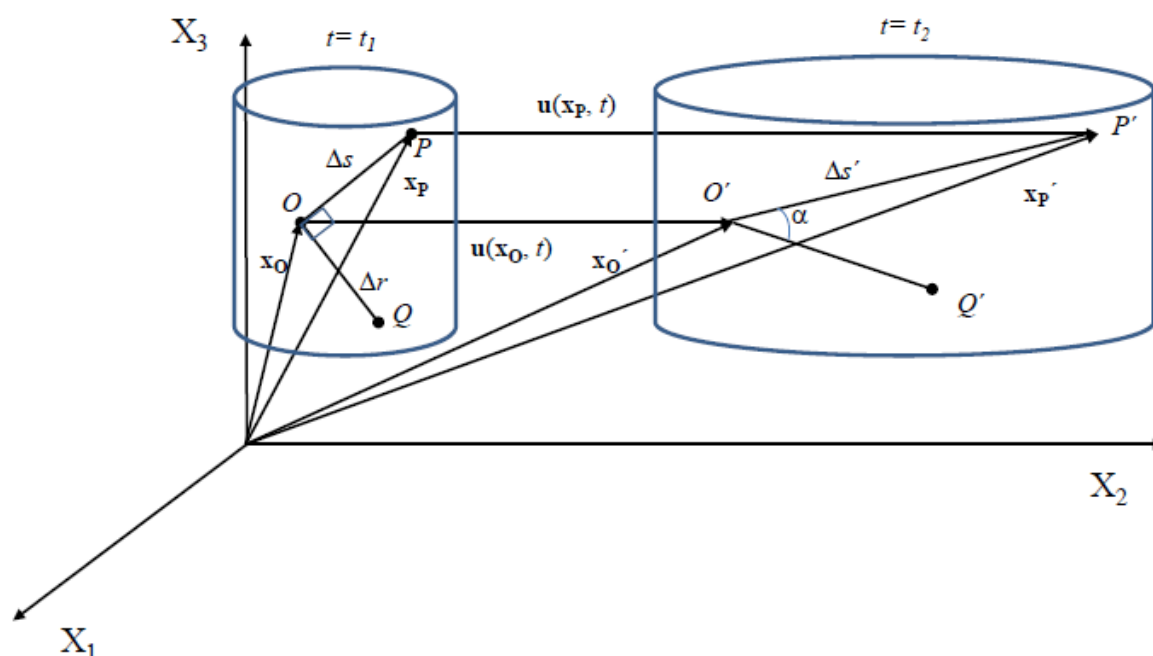


FIGURA 3.2: En el instante t_1 tenemos dos partículas O y P en el medio continuo separadas por una distancia infinitesimal Δs . Al aplicarle una fuerza al medio, las partículas pasan a ser O' y P', separadas por la distancia $\Delta s'$. \mathbf{x}_O y \mathbf{x}_P son los vectores posición de O y P, respectivamente, en el instante t_1 , mientras que $\mathbf{x}_{O'}$ y $\mathbf{x}_{P'}$ son los vectores posición de O' y P' en el instante t_2 . Los segmentos OP y OQ forman un ángulo de 90° en el instante t_1 , mientras que los segmentos O'P' y O'Q' formarán un ángulo α en t_2 . Dicho de otra forma, en $t = t_2$ los puntos O y P iniciales pasarán a ocupar unas posiciones definidas por los vectores desplazamiento $\mathbf{u}(\mathbf{x}_O, t)$ y $\mathbf{u}(\mathbf{x}_P, t)$. (Basado en: Temario básico y bibliografía recomendada para la preparación de la Oposición al Cuerpo de Ingenieros Geógrafos – Grupo D. Conocimientos avanzados en Ciencias de la Tierra. www.ign.es).

Y la deformación de cizalla como (Lay y Wallace, 1995):

$$e_s = \lim_{\substack{\Delta s \rightarrow 0 \\ \Delta r \rightarrow 0}} \frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right), \quad [3.12]$$

siendo α el ángulo que forman en $t = t_2$ dos líneas que en $t = t_1$ eran perpendiculares (ver Figura 3.2).

En el sistema de coordenadas cartesianas $\{X_1, X_2, X_3\}$ el vector desplazamiento puede escribirse en función de sus componentes u_i , es decir, (Lay y Wallace, 1995):

$$\mathbf{u}(\mathbf{x}, t) = (u_1(\mathbf{x}, t), u_2(\mathbf{x}, t), u_3(\mathbf{x}, t)). \quad [3.13]$$

Puesto que queremos definir todas las deformaciones de cada punto con respecto a cada uno de los ejes de coordenadas cartesianas X_1, X_2 y X_3 , necesitaremos una matriz de 3x3 componentes. Los elementos e_{11}, e_{22} y e_{33} de la diagonal principal serán deformaciones longitudinales que definen las variaciones relativas de segmentos lineales en la dirección de los ejes X_1, X_2 y X_3 . El resto de los elementos e_{ij} serán deformaciones de cizalla de cada una de las tres direcciones con respecto a las otras dos. Como estamos suponiendo deformaciones infinitesimales (Lay y Wallace, 1995), la teoría de la elasticidad lineal (p.e., Slaughter, 2002) permite definir las componentes del tensor de deformaciones del siguiente modo:

$$e_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right). \quad [3.14]$$

Una propiedad importante de este tensor es su simetría (es decir, que $e_{ij} = e_{ji}$), lo que significa que sólo seis de sus nueve elementos son distintos. Otra es que la traza $e_{11} + e_{22} + e_{33}$, al ser una suma de deformaciones longitudinales, representa variaciones de volumen por unidad de volumen y se llama dilatación cúbica.

Supongamos ahora que lo que tenemos es un volumen V rodeado por una superficie S , dentro de un medio continuo mayor, y que dentro de V hay fuerzas internas mientras que otras fuerzas de contacto actúan en la superficie S . Se define el esfuerzo como la fuerza de contacto que actúa por unidad de área sobre la superficie S . La utilidad de este concepto

es medir la fuerza por unidad de área que las partículas de un lado de la superficie ejercen sobre las del otro lado (ver Figura 3.3). Si \mathbf{N} es el vector normal a la superficie en un punto dado, definimos el vector de esfuerzos o vector tracción \mathbf{Q} como la razón de la fuerza \mathbf{F} por unidad de superficie que actúa en dicho punto cuando la superficie tiende a 0 (en cuyo caso, la superficie puede considerarse como un plano; ver Figura 3.3). Es decir (Landau y Lifshitz, 1959),

$$\mathbf{Q} = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\mathbf{F}}{\Delta S}. \quad [3.15]$$

Nótese que el vector \mathbf{Q} tiene la misma dirección que la fuerza \mathbf{F} .

Los esfuerzos también pueden representarse por un tensor de nueve elementos τ_{ij} . El índice i se corresponde con la dirección de la normal al plano sobre el que actúa la fuerza, y el índice j con la dirección de la fuerza, de tal modo que los elementos de la diagonal principal son esfuerzos normales (es decir, perpendiculares a la superficie) y los otros términos son esfuerzos tangenciales o de cizalla. Los esfuerzos normales positivos se llaman tensiones, o extensiones, ya que se corresponden con un aumento de volumen, mientras que los esfuerzos normales negativos son compresiones y causan reducción de volumen. En ausencia de momentos externos, el tensor de esfuerzos \mathbf{T} es simétrico, es decir, $\tau_{ij} = \tau_{ji}$ (Landau y Lifshitz, 1959).

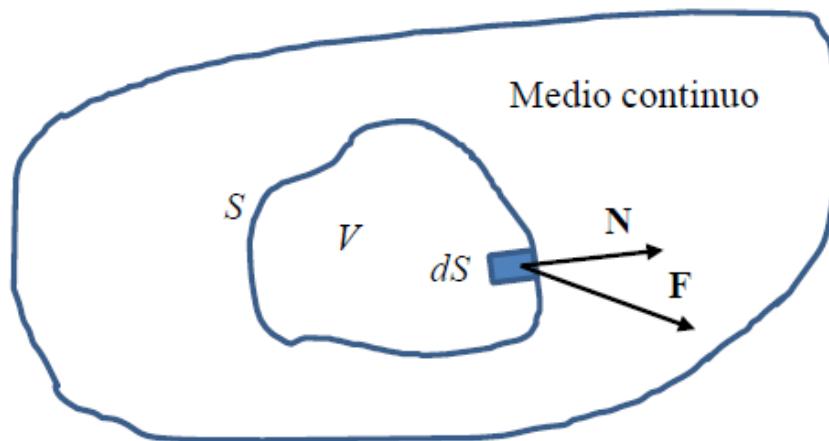


FIGURA 3.3: Esfuerzo actuando sobre una superficie dS . \mathbf{N} es el vector normal a la superficie en un punto dado y \mathbf{F} es la fuerza que actúa sobre dicho punto.

El vector tracción \mathbf{Q} y el tensor de esfuerzos \mathbf{T} se relacionan por medio de la normal \mathbf{N} al plano (relación de Cauchy) de la siguiente forma (Landau y Lifshitz, 1959):

$$Q_i = \tau_{ji} n_j, \quad [3.16]$$

donde τ_{ij} son las componentes del tensor de esfuerzos \mathbf{T} , Q_i las componentes del vector tracción \mathbf{Q} , y n_j las componentes del vector normal.

Puesto que estamos considerando esfuerzos y deformaciones infinitesimales en un medio continuo, la teoría de la elasticidad lineal nos dice que los esfuerzos se relacionan con las deformaciones a través de la Ley de Hooke, es decir, (Lay y Wallace, 1995):

$$\tau_{ij} = C_{ijkl} e_{kl}, \quad [3.17]$$

siendo C_{ijkl} los coeficientes de proporcionalidad. Esta es la ecuación básica de la teoría de la elasticidad lineal, y en lo que sigue supondremos que los materiales de la Tierra la satisfacen.

3.2 Metodología.

3.2.1 Cálculo de esfuerzos.

Para cada evento del catálogo, hemos calculado los números de Love y Shida dependientes de la latitud, así como los factores gravimétricos y clinométricos derivados del modelo de marea de Tierra sólida de Wahr-Dehant-Zschau (Wahr, 1981; Zschau y Wang, 1987; Dehant, 1987). Los elementos astronómicos para el tiempo de ocurrencia de cada terremoto se calculan utilizando el desarrollo de Tamura (1987) del potencial astronómico de marea.

Si X , Y , Z representan las coordenadas Este, Norte y Vertical en un sistema cartesiano local, entonces las componentes de deformación e_{ij} del tensor de deformaciones \mathbf{E} derivado de la acción de marea de la Luna y el Sol pueden identificarse del modo siguiente (Fischer et al., 2006):

$$\begin{cases} e_{XX} = e_{EW}, \\ e_{YY} = e_{NS}, \\ e_{ZZ} = e_{UU}, \\ e_{XY} = e_{NE} - \frac{1}{2}(e_{NS} + e_{EW}), \\ e_{XZ} = e_{EZ} - \frac{1}{2}(e_{EW} + e_{UU}), \\ e_{YZ} = e_{NZ} - \frac{1}{2}(e_{NS} + e_{UU}), \end{cases} \quad [3.18]$$

donde e_{EW} es la deformación este-oeste, e_{NS} la deformación norte-sur, e_{UU} la deformación vertical, e_{NE} la deformación diagonal en la dirección N45E, e_{EZ} la deformación diagonal en la dirección E45Z, y e_{NZ} la deformación diagonal en la dirección N45Z.

Hemos utilizado el método de Skalský (1991; ver Apéndice C) para calcular los coeficientes de amplitud A_s y los incrementos de fase ψ_s de las deformaciones de marea lineales en superficie (para las distintas ondas de marea) en las direcciones Este, Norte, Vertical, N45E, E45Z y N45Z, utilizando el modelo de Tierra sólida Wahr-Dehant-Zschau (al que llamaremos WDZ en lo sucesivo por comodidad).

Con el fin de considerar el efecto de la marea de carga oceánica en el cálculo de las deformaciones, hemos recurrido a la red de estaciones gravimétricas del ICET para poder implementar un modelo local de mareas en la región de estudio, asignándole a cada evento del catálogo de terremotos los factores de amplitud δ_m y las fases α_m de la estación más próxima de entre las que aparecen en la red del ICET dentro de la zona de California (ver <http://www.upf.pf/ICET/home.html>). Las estaciones del ICET utilizadas aparecen en la Tabla 3.2. Los factores de amplitud y fases de dichas estaciones han sido calculados de acuerdo con el modelo de tierra sólida DDW99 no hidrostático (Dehant et al., 1999) y hasta 9 modelos de marea oceánica, los cuales pueden agruparse en dos categorías. Por una parte, los modelos más antiguos: ORI96 (Melchior y Francis, 1986), CSR3 (Eanes y Bettadpur, 1996) y FES95 (Le Provost et al., 1998). Por otra parte, la más reciente generación de modelos de marea oceánica: CSR4 (Baker y Bos, 2003), FES02 (Le Provost et al., 2002), FES04 (Lyard et al., 2006), GOTOO (Ray, 1999), NA099 (Matsumoto et al., 2000) y TPX06 (Egbert y Erofeeva, 2002). El efecto oceánico de marea de carga se calcula por medio de una integral de convolución entre el modelo y la función de carga de Green, según la metodología descrita por Farrell (1972; ver capítulo 1.5). Siguiendo las sugerencias de Zahran (2000) para mejorar la precisión, el ICET calcula la marea de carga oceánica tomando las medias de distintas combinaciones de modelos. Concretamente, los

datos se ofrecen en base a dos opciones: la media de los 9 modelos oceánicos, y la media de los 6 modelos de más reciente generación (que es la opción que se ha utilizado para este trabajo). Retomando la notación empleada en el Capítulo 2, podemos decir que tenemos un vector de marea modelada $\mathbf{A}_m(A_m, \alpha_m) = \mathbf{A}_m(\delta_m \cdot A_a, \alpha_m)$ (siendo A_a la amplitud de la marea astronómica teórica) que es la suma del vector $\mathbf{R}(R, 0)$ de la marea sólida calculada para el modelo DDW99 no hidrostático y el vector $\mathbf{L}(L, \lambda)$ del efecto de carga y atracción calculado utilizando los modelos oceánicos.

Código	Nombre estación	Longitud (grados)	Latitud (grados)	Altitud (km)
6011	San Andrés	-121.45	36.77	0.0
6012	Hollister	-121.23	36.63	0.0
6015	Dalton Canyon	-117.80	34.30	0.0
6016	Isabella	-118.48	35.65	0.0
6018	UCLA1	-118.43	34.07	0.0
6021	Glendora	-117.89	34.17	0.525
6022	Ukiah	-123.22	39.14	0.0
6023	San Diego Calif.	-117.25	35.87	0.0
6024	Pinon Flat	-116.46	33.61	1.280
6026	Chinalake Calif.	-117.60	35.82	0.0
6050	Reno	-119.82	39.53	1.383

TABLA 3.2: Listado de estaciones del ICET cuyos datos de mareas han sido utilizados en el presente trabajo.

Siguiendo los códigos de Fischer et al. (2006), que se basan en el método de Skalský (1991), hemos relacionado los factores de amplitud δ_m y fase α_m de cada grupo de ondas de marea proporcionados por el ICET con los factores de marea calculados para el modelo WZ. Entonces, los coeficientes locales de amplitud A_{sl} e incrementos de fase ψ_{sl} correspondientes a la deformación por marea de cada grupo de ondas pueden calcularse a partir de las siguientes relaciones:

$$\begin{cases} A_{sl} = C_A A_s, \\ \psi_{sl} = \psi_s + \alpha_m F_r, \end{cases} \quad [3.19]$$

donde F_r es la frecuencia de marea de cada grupo de ondas y $C_A = \delta_m/\delta_w$ (siendo δ_w es el factor de amplitud calculado para el modelo WDZ).

Una vez que las componentes de deformación de marea e_{ij} han sido obtenidas según el método indicado, las correspondientes componentes τ_{ij} del tensor de esfuerzos \mathbf{T} pueden deducirse de acuerdo a la ley de Hooke, que para un cuerpo tridimensional isótropo adopta la forma (Fischer et al., 2006)

$$\begin{cases} \tau_{ii} = 2\mu e_{ii} + \lambda \sum e_{kk}, \\ \tau_{ij} = 2\mu e_{ij}, \end{cases} \quad [3.20]$$

siendo λ y μ los coeficientes de Lamé. Siguiendo a Fischer et al. (2006), asumimos $\mu = 30$ GPa y

$$\lambda = 2\mu\nu / (1 - 2\nu), \quad [3.21]$$

donde ν es la razón de Poisson. En este trabajo se ha elegido el valor $\nu = 0.25$ por ser el que se utiliza en otros estudios sobre terremotos en California (p.e., Freed y Lin, 2001).

No tendremos en cuenta en el presente estudio la influencia de la profundidad del foco en el cálculo de los esfuerzos, pues la gran mayoría de los eventos de nuestro catálogo ocurren en zonas no cubiertas por el océano y a profundidades inferiores a 25 km. Las deformaciones producidas por marea de Tierra sólida a ese rango de profundidades no difieren significativamente de las deformaciones en superficie (Thomas et al., 2012). Las deformaciones debidas a la componente de marea de carga oceánica pueden cambiar de forma más significativa entre la superficie y 25 km de profundidad, pero en los eventos ocurridos en regiones no cubiertas por el mar abierto (la gran mayoría) la variación será significativa sólo en amplitud, no en fase (Tsuruoka et al., 1995). Y de acuerdo con Vidale et al. (1998) el esfuerzo varía poco con la profundidad a lo largo de la falla de San Andrés.

Denotando por \mathbf{S} al vector de deslizamiento de una falla y por \mathbf{N} al vector normal al plano de dicha falla, entonces (Landau y Lifshitz, 1959):

$$\begin{cases} \sigma_s = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{S}, \\ \sigma_n = \mathbf{Q} \cdot \mathbf{N}, \end{cases} \quad [3.22]$$

siendo $\mathbf{Q} = \mathbf{T} \cdot \mathbf{N}$ el vector tracción. Si φ , δ y λ son sucesivamente las componentes acimut, buzamiento y ángulo de deslizamiento que caracterizan la falla (definidas en la Figura 3.1), entonces las coordenadas del vector \mathbf{S} en el sistema local de coordenadas $\{X, Y, Z\}$ que hemos definido serán $(S_E, S_N, S_U) = (\sin\varphi \cos\lambda - \cos\varphi \cos\delta \sin\lambda, \cos\varphi \cos\lambda + \sin\varphi \cos\delta \sin\lambda, \sin\delta \sin\lambda)$. Además, las coordenadas del vector \mathbf{N} en este mismo sistema serán $(N_E, N_N, N_U) = (\cos\varphi \sin\delta, -\sin\varphi \sin\delta, \cos\delta)$ (Aki y Richards, 2002). Entonces,

$$\mathbf{Q} = \mathbf{T} \cdot \mathbf{N} = \frac{2\mu}{1-2\nu} \begin{pmatrix} e_{xx}(1-\nu) + e_{yy}\nu + e_{zz}\nu & (1-2\nu)e_{xy} & (1-2\nu)e_{xz} \\ (1-2\nu)e_{xy} & e_{xx}\nu + e_{yy}(1-\nu) + e_{zz}\nu & (1-2\nu)e_{yz} \\ (1-2\nu)e_{xz} & (1-2\nu)e_{yz} & e_{xx}\nu + e_{yy}\nu + e_{zz}(1-\nu) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\varphi \sin\delta \\ -\sin\varphi \sin\delta \\ \cos\delta \end{pmatrix}. \quad [3.23]$$

Para el caso de terremotos poco profundos, y en ausencia de marea oceánica, los esfuerzos son horizontales, por lo que podemos considerar un estado plano de esfuerzos, lo cual implica que las componentes del tensor de esfuerzos τ_{zz} , τ_{xz} y τ_{yz} pueden considerarse 0 y, además, $e_{xz} = e_{yz} = 0$ (Fung, 1965). La componente de esfuerzo e_{zz} también puede considerarse despreciable (Smith y Sammis, 2002; Fischer et al., 2006). Por tanto,

$$\mathbf{Q} = \mathbf{T} \cdot \mathbf{N} = \frac{2\mu}{(1-2\nu)} \begin{pmatrix} (e_{xx}(1-\nu) + e_{yy}\nu) \cos\varphi \sin\delta - (1-2\nu)e_{xy} \sin\varphi \sin\delta \\ (1-2\nu)e_{xy} \cos\varphi \sin\delta - (e_{yy}(1-\nu) + e_{xx}\nu) \sin\varphi \sin\delta \\ 0 \end{pmatrix} \quad [3.24]$$

Sustituyendo ν por su ‘valor aparente’ $\nu/(1 + \nu)$ (Fung, 1965), tenemos que (Smith y Sammis, 2002)

$$\mathbf{Q} = \mathbf{T} \cdot \mathbf{N} = \frac{2\mu}{(1-\nu)} \begin{pmatrix} (e_{xx} + \nu e_{yy}) \cos\varphi \sin\delta - (1-\nu)e_{xy} \sin\varphi \sin\delta \\ (1-\nu)e_{xy} \cos\varphi \sin\delta - (e_{yy} + \nu e_{xx}) \sin\varphi \sin\delta \\ 0 \end{pmatrix} \quad [3.25]$$

En el presente trabajo se utilizará la expresión [3.23] para el cálculo del vector tracción \mathbf{Q} , ya que no se asumirá la simplificación del estado plano de esfuerzos. Después, calcularemos σ_n y σ_s a partir de [3.22] y, finalmente, obtendremos TCFS como la combinación de las componentes de esfuerzos de marea σ_n y σ_s descrita en [3.9], utilizando un coeficiente de fricción $f = 0.4$ de acuerdo con Cochran et al. (2004).

3.2.2 Datos sísmicos.

Los datos de los terremotos proceden de la Northern California Seismic Network (NCSN; UC Berkeley & US Geological Survey: www.ncedc.org). La página web permite la obtención casi instantánea de catálogos con todos los parámetros que nos interesen, incluyendo fecha, hora, latitud, longitud, magnitud o profundidad. Además, se proporciona la solución del plano de falla que mejor se ajusta a un conjunto de observaciones, facilitando el acimut, el buzamiento y el ángulo de deslizamiento de uno de sus dos planos nodales posibles. La calidad de la solución del mecanismo focal la determina el valor del parámetro de ajuste S_m , que es el mínimo de una función que compara la polaridad observada con la teórica ($S_m = 0.0$ significa ajuste perfecto, mientras que $S_m = 1.0$ significaría un ajuste totalmente imperfecto). La Figura 3.4 muestra las estaciones de la red NCSN cuyos datos han sido utilizados en este trabajo. Con el fin de ajustarse a los programas utilizados en este trabajo (y que se basan en los códigos de Fischer et al., 2006), los datos de longitud y latitud de los terremotos deberían estar referidos al elipsoide de referencia GRS80 (Moritz, 2000), o bien al posterior elipsoide WGS84 (Snay y Soler, 2000), pues entre uno y otro sólo hay una pequeña diferencia de aplanamiento que se traduce en una variación de apenas 0.105 mm en el semieje polar. En 1997 todo el catálogo de sismos fue revisado tras un trabajo de tres años de observaciones GPS de todas las estaciones de la red NCSN que estaban operativas en 1994, utilizando como referencia WGS 84 (frente al elipsoide de 1927 que se utilizaba antes). Aunque no hay coordenadas WGS 84 para estaciones cerradas antes de 1994, las diferencias medias en las localizaciones de los terremotos causadas por el cambio de referencia son prácticamente nulas.

Nuestra fuente inicial de datos es un catálogo que tiene todos los terremotos comprendidos entre el periodo 01/01/2000 – 12/31/2012. Se ha elegido un periodo de tiempo reciente, y relativamente corto, para que de ese modo los datos sean homogéneos y la magnitud de completitud M_{com} del catálogo (que se define como la magnitud más baja a partir de la cual el 100% de los terremotos son detectados) sea un número bajo (Gulia et al., 2012). Esto es importante ya que (como veremos más adelante) esta será nuestra magnitud de corte, en el sentido de que rechazaremos todos los eventos con magnitud inferior a M_{com} . Un valor alto de M_{com} nos obligaría a prescindir de una gran cantidad de terremotos en nuestros cálculos.

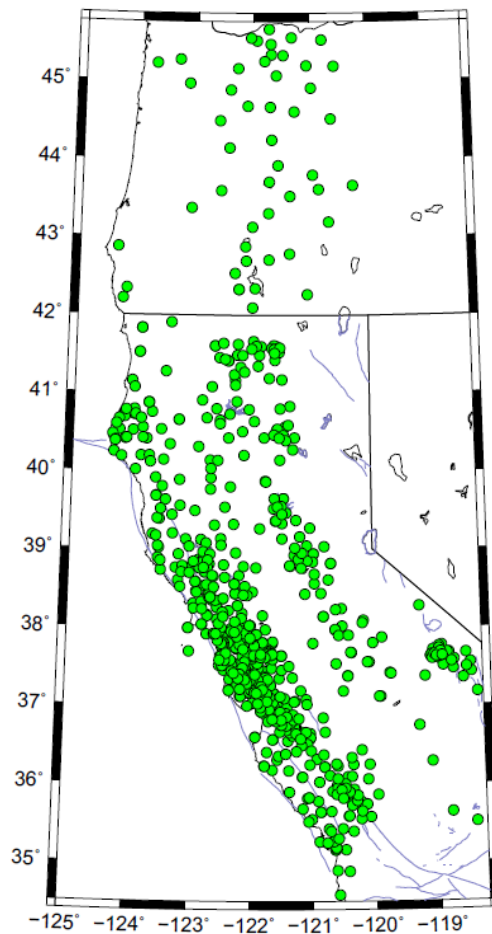


FIGURA 3.4: Representación sobre el mapa de las estaciones de la red sísmica NCSN cuyos datos fueron utilizados en este trabajo.

Es imprescindible eliminar del catálogo los eventos que sean réplicas o precursores de otros sismos. En caso contrario, cualquier análisis estadístico de correlaciones temporales estaría contaminado por la presencia de eventos que no son independientes entre sí. Este tratamiento puede hacerse mediante la aplicación de algoritmos como el de Reasenberg (1985), o simplemente utilizando un criterio de ventana espacio-temporal dependiente de la magnitud de los terremotos (Uhrhammer, 1986). En nuestro caso, se empleará el programa CLUSTER2000 de Reasenberg (1985), que permite descubrir agrupaciones de sismos a partir de la inspección de un catálogo de acuerdo con los siguientes criterios:

- 1) Criterio temporal. A cada evento se le asigna un intervalo temporal por delante de él, de tal modo que si el siguiente evento del catálogo cae dentro de ese intervalo, ambos estarían relacionados. Si el evento i no pertenece (aún) a ninguna

agrupación, se le asigna un intervalo mínimo por defecto (por ejemplo, $\tau_{min} = 1$ día). Si ya pertenece a algún agrupamiento (cúmulo), el intervalo es función del tiempo transcurrido entre el evento i y el evento de mayor magnitud del cúmulo, así como de la magnitud de este último. En concreto (Reasenber, 1985),

$$\tau = \frac{-\ln(1 - p_1)t}{10^{2(\Delta M - 1)/3}}. \quad [3.26]$$

En esta expresión, t es la diferencia temporal entre el evento i y el evento de mayor magnitud del cúmulo, mientras que p_1 es la probabilidad de que un evento $i+1$ ocurrido dentro del intervalo temporal τ esté relacionado con el evento i . Por último (Reasenber, 1985),

$$\Delta M = (1 - x_k)M_{cum} - x_{meff}, \quad [3.27]$$

siendo M_{cum} la magnitud del mayor evento del cúmulo, x_{meff} la llamada “magnitud efectiva” o magnitud mínima del catálogo y x_k una constante de proporcionalidad. En cualquier caso, τ nunca puede estar por debajo del intervalo mínimo τ_{min} , ni por encima de un intervalo máximo τ_{max} predeterminado. Si dos eventos i, j satisfacen este criterio temporal se comprobará si además están relacionados de acuerdo con el criterio espacial que se detalla a continuación.

- 2) Criterio espacial. Dos eventos i, j ya relacionados según el criterio temporal se considerará que pertenecen a un cúmulo si satisfacen un criterio consistente en que su distancia hipocentral reducida sea menor que una distancia llamada r_{test} . Para cada evento definimos una distancia de interacción (Reasenber, 1985)

$$r = r_{fact} \cdot a(M, d\sigma), \quad [3.28]$$

donde $a(M, d\sigma)$ es el radio de una grieta circular (Kanamori y Anderson, 1975) correspondiente a un terremoto de magnitud M y caída de esfuerzos $d\sigma$, y r_{fact} es un factor de escala. Suponiendo $d\sigma = 30$ bares, entonces la expresión (Reasenber, 1985)

$$\log a = 0.4M - \left(\frac{\log(d\sigma)}{3} \right) - 1.45, \quad [3.29]$$

da como resultado $a = 0.011 \cdot 10^{0.4M}$. El programa calcula la distancia de interacción r_i para el primer evento del par i, j y también la distancia de interacción r_{prin} para el mayor evento del cúmulo al que está asociado este primer evento (si se diera el caso). Entonces, se define

$$r_{test} = r_i + r_{prin}. \quad [3.30]$$

Si la distancia hipocentral R que separa ambos eventos i, j es menor que r_{test} , entonces se considera que i, j pertenecen a un mismo cúmulo. La distancia hipocentral R puede corregirse o no de los errores de localización, en función de las especificaciones que se hayan introducido en el programa.

La Tabla 3.3 muestra los parámetros utilizados en el proceso de identificación de cúmulos, y que son básicamente los valores estándar deducidos para el Norte de California (van Stiphout et al., 2012). El valor elegido para el parámetro x_{meff} (magnitud efectiva de corte del catálogo) es 1.6, que es la magnitud de completitud de nuestro catálogo obtenida a partir de la técnica de Máxima Curvatura, que consiste en calcular el valor máximo de la derivada primera de la curva de distribución frecuencia-magnitud del catálogo (Mignan y Woessner, 2012). Para cada cúmulo identificado por el programa, el evento principal se acepta y todos los demás se rechazan.

Parámetro	Valor
τ_{min} (días)	1
τ_{max} (días)	10
p_1	0.95
x_{meff}	1.6
x_k	0.5
r_{fact}	10

TABLA 3.3: Parámetros de entrada del algoritmo de Reasenberg (1985). Ver detalles en el texto.

Para algunos eventos el catálogo proporciona no sólo la solución del plano de falla que mejor ajusta, sino también soluciones alternativas cuyo parámetro de control S_m difiere poco de la solución que ofrece el mejor ajuste. Estas soluciones alternativas podrían llegar a ser consideradas como la mejor solución si se tuviera un conocimiento a priori de la tectónica local o se hiciera un estudio en profundidad de posibles errores. Puesto que el esfuerzo de marea depende de la solución de doble par obtenida, hemos descartado los eventos que presentan más de una solución. Finalmente, sólo los terremotos con un valor del parámetro de ajuste $S_m \leq 0.2$ serán aceptados, con el fin de limitar el análisis a eventos determinados con alta calidad.

Puesto que no sabemos si los ángulos φ , δ y λ proporcionados por el catálogo para cada evento pertenecen al verdadero plano de falla o al plano auxiliar, se utilizarán las siguientes expresiones para obtener los parámetros acimut φ' , buzamiento δ' y ángulo de deslizamiento λ' del otro plano nodal (Ben-Menahem y Singh, 1981):

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta' = \arccos(\sin \delta \sin \lambda) \\ \lambda' = \arctan \frac{\cos \delta / \sin \delta'}{-\sin \delta \cos \lambda / \sin \delta'} \\ \varphi - \varphi' = \arctan \frac{\cos \lambda / \sin \delta'}{-1/(\tan \delta \tan \delta')} \end{array} \right. \quad [3.31]$$

Si el ángulo de deslizamiento λ facilitado por el catálogo es negativo, entonces el otro plano nodal vendrá definido por el acimut $\varphi'' = \varphi' + 180^\circ$, el buzamiento $\delta'' = 180^\circ - \delta'$ y el ángulo de deslizamiento $\lambda'' = -\lambda'$ (Kagan, 2005). En caso contrario el buzamiento calculado sería mayor de 90° y los valores de las componentes de la falla no serían consistentes con su definición.

Los eventos han sido clasificados de acuerdo al tipo de falla, con el fin de poder estudiar si algunos tipos son más propensos a desencadenar terremotos como consecuencia de las mareas. Cuando los dos planos nodales posibles de un terremoto pertenecen al mismo tipo de mecanismo podemos asignar sin ninguna duda ese terremoto a ese tipo de falla. En caso contrario, el evento deberá considerarse como sin clasificar.

3.2.3 Ángulo de fase del esfuerzo de marea.

En algunos estudios sobre la relación entre esfuerzos de marea y terremotos (Tsuruoka et al., 1995; Tanaka et al., 2002), el esfuerzo normal σ_n no se utiliza debido a la indeterminación de los planos de falla. Los ángulos φ , δ y λ que aparecen en catálogos como el que se utiliza en este trabajo definen un plano conjugado para cada terremoto, de tal modo que el vector de deslizamiento \mathbf{S} y el vector normal \mathbf{N} calculados a partir de estos ángulos (según lo indicado en la sección 3.2.1) pueden ser los del verdadero plano de falla o bien los del plano auxiliar, en el que \mathbf{S} y \mathbf{N} se intercambian. Puesto que el tensor de esfuerzos \mathbf{T} es simétrico, la componente σ_s no se verá afectada por dicha indeterminación ya que $\sigma_s = \mathbf{T} \cdot \mathbf{N} \cdot \mathbf{S} = \mathbf{T} \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{N}$. En este trabajo, sin embargo, tanto el esfuerzo normal σ_n como el esfuerzo en la dirección del deslizamiento de la falla σ_s se calcularán, con el fin de obtener el valor de TCFS para cada terremoto. La incertidumbre de la solución del plano de falla se solventará utilizando únicamente aquellos terremotos en los que el esfuerzo TCFS obtenido para cada uno de sus dos planos nodales resulta similar.

Recapitulando, este método utiliza los códigos de Fischer et al. (2006) basados en el método de Skalský (1991) para el cálculo de esfuerzos de marea en superficie. Después, implementa la ley de Hooke para obtener el tensor de esfuerzos de marea \mathbf{T} . Las componentes del esfuerzo σ_n y σ_s se determinan según se ha visto en secciones anteriores, y a partir de ellas obtenemos TCFS. Una rutina de aproximaciones sucesivas del tipo ‘búsqueda de sección golden’, llamada así porque se basa en jugar con tres puntos cuyas distancias relativas guardan una proporción áurea (Press et al., 1992) se emplea para la estimación de valores extremos de esfuerzos de marea próximos al tiempo de ocurrencia del evento. Finalmente, le asignamos al terremoto un ‘ángulo de fase’ ϕ mediante interpolación lineal, asumiendo que la distancia temporal entre dos picos de marea define un ciclo completo de 360° (ver Figura 3.5). El programa de cálculo que realiza todas estas tareas se incluye en el CD que acompaña a esta memoria (así como en el Anexo D), junto con ejemplos de entrada y salida de datos.

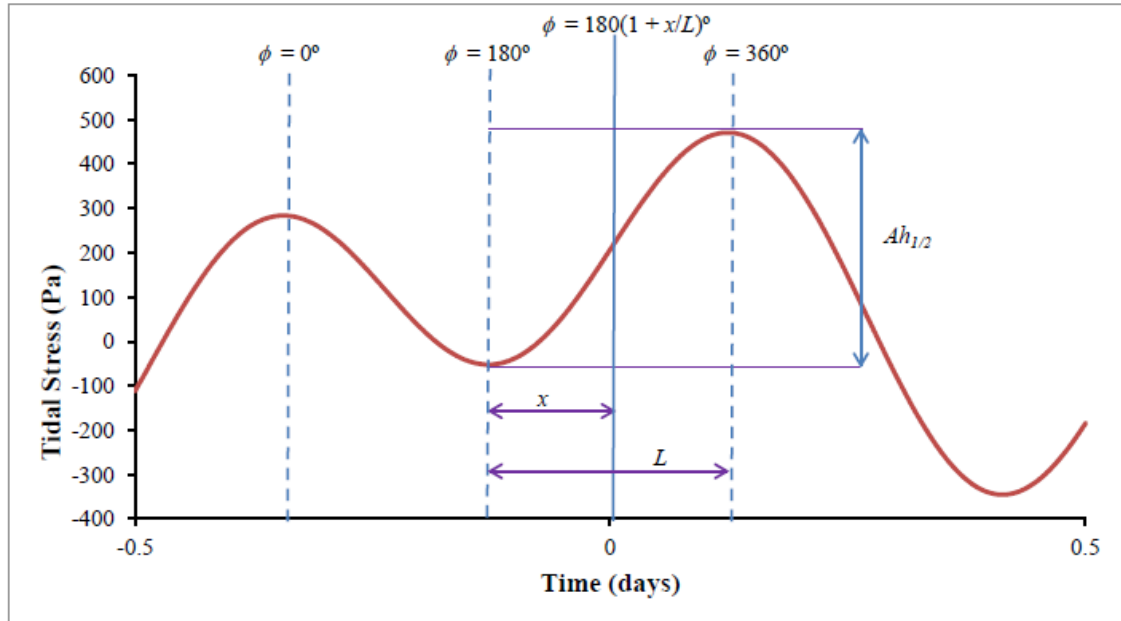


FIGURA 3.5: Esquema del método de asignación de fase. La fase ϕ de un terremoto que ocurre en un tiempo 0 se determina mediante interpolación lineal entre una fase de $0^\circ/360^\circ$ en marea alta y una fase de 180° en marea baja. Los términos $Ah_{1/2}$ y L son, respectivamente, la amplitud y la duración temporal del semiciclo de marea en el que ocurre el evento. El término x es la diferencia de tiempo entre la ocurrencia del terremoto y la fase $\phi = 180^\circ$, y es positivo cuando el evento ocurre después de la marea baja $\phi = 180^\circ$ y negativo en caso contrario.

Para comprobar si las fases de los sismos tienden a agruparse cerca de algún ángulo concreto o presentan algún otro tipo de distribución no aleatoria se empleará el test de Schuster (Emter, 1997). En este test, a cada terremoto i -ésimo se le asignará un vector de longitud unitaria en la dirección de su ángulo de fase ϕ_i . El módulo R del vector suma \mathbf{R} del número total de terremotos N_{tot} viene dado por

$$R^2 = \left(\sum_1^{N_{tot}} \cos \phi_i \right)^2 + \left(\sum_1^{N_{tot}} \sen \phi_i \right)^2. \quad [3.32]$$

Entonces, la probabilidad P_S de que la distribución de fases sea o no aleatoria es

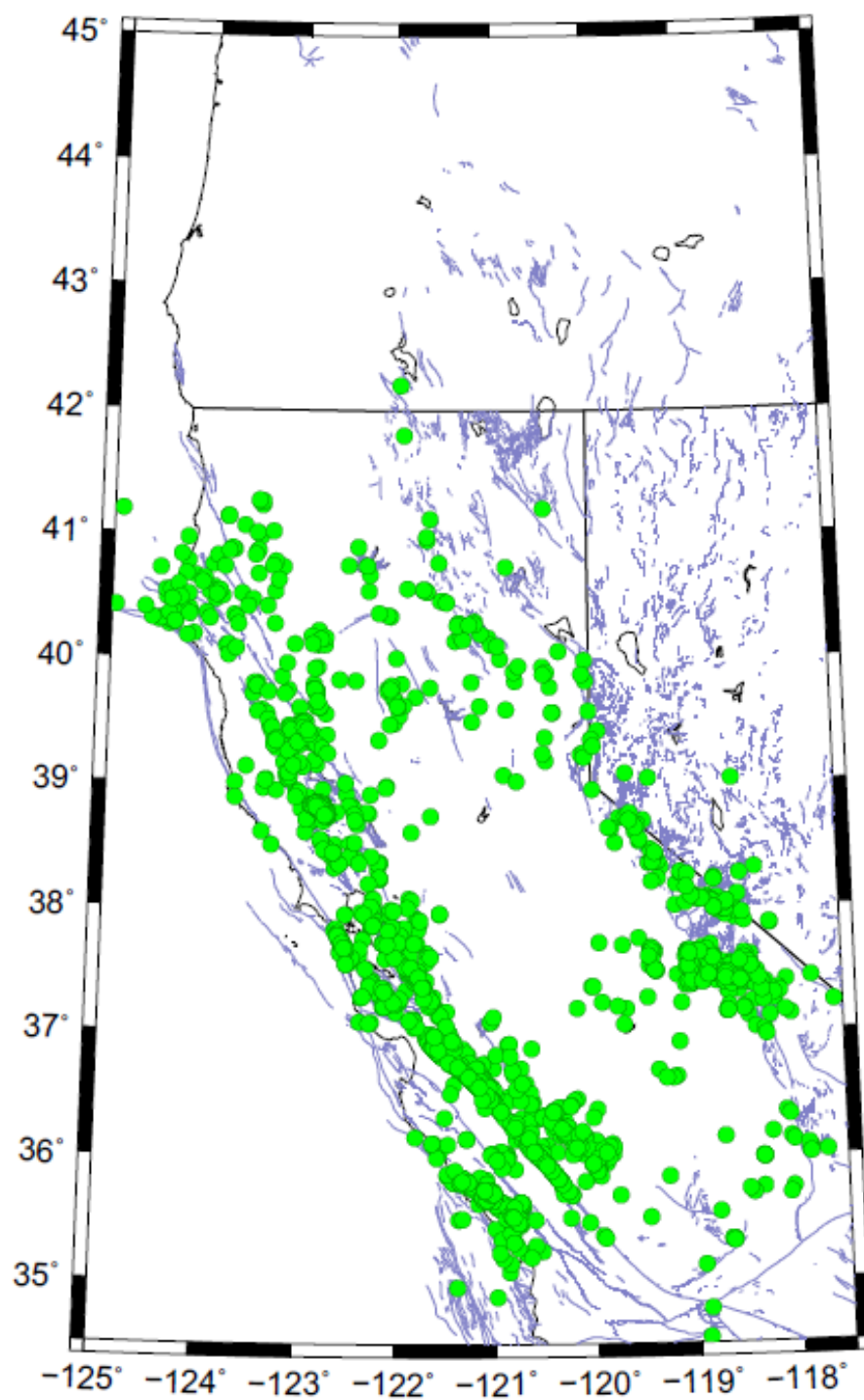
$$P_S = \exp \left(\frac{-R^2}{N_{tot}} \right). \quad [3.33]$$

P_S representa el nivel de significación con el que rechazar la hipótesis nula de que los ángulos de fase de los terremotos presentan una distribución totalmente aleatoria. Valores pequeños de P_S (por debajo de 0.05) indicarían alta correlación entre la marea terrestre y la ocurrencia de terremotos.

Para cada terremoto del catálogo, hemos calculado los ángulos de fase de TCFS ϕ_1 y ϕ_2 correspondientes a los dos posibles planos de falla de la solución de doble par, y su valor medio,

$$\phi_m = \frac{\phi_1 + \phi_2}{2}, \quad [3.34]$$

se ha tomado como el ángulo de fase del evento. Con el fin de tratar el problema de la indeterminación del plano de falla, sólo se han utilizado en este estudio terremotos que verifican $|\phi_1 - \phi_2| \leq 5^\circ$. Las localizaciones de los 2736 terremotos finalmente utilizados en este estudio se muestran en la Figura 3.6. El listado completo se aporta en el CD y en el Apéndice E.



GM 2015 Jan 24 17:33:21

FIGURA 3.6: Localizaciones de los terremotos usados en este trabajo.

3.3 Resultados.

Los resultados de la aplicación del test de Schuster a los eventos utilizados en este trabajo se muestran en la Tabla 3.4. Se han considerado subconjuntos correspondientes a distintos tipos de falla, aunque aproximadamente en el 30% de los casos no pudo identificarse el tipo de mecanismo focal.

Para los eventos que satisfacen nuestra condición inicial $|\phi_1 - \phi_2| \leq 5^\circ$ encontramos correlaciones muy altas ($P_s < 5\%$) entre el esfuerzo de marea y el tiempo origen de los terremotos, y además en todos los subconjuntos considerados, con las únicas excepciones del tipo de falla inversa oblicua (cuyos resultados no se muestran ya que el número de eventos que lo componen es muy bajo) y el tipo de falla normal.

Si estrechamos el margen de la diferencia de fases permitida entre planos a $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$ (lo cual implica que la diferencia entre el auténtico ángulo de fase ϕ y el ángulo medio calculado ϕ_m es $\leq 1^\circ$) obtenemos resultados muy similares, aunque en este caso además el conjunto de los terremotos de tipo de falla normal sí muestra una correlación significativa (ver Tabla 3.4). El estrechamiento progresivo de los valores permitidos de $|\phi_1 - \phi_2|$ continua arrojando correlaciones significativas entre TCFS y los terremotos, aunque las poblaciones de los diferentes subconjuntos de eventos son cada vez menores, comprometiendo la relevancia del resultado. Para los casos en los que el test de Schuster ha dado valores $P_s < 5\%$ la Tabla 3.4 indica también si la correlación es con los valores máximos de TCFS o con los valores mínimos de TCFS.

La Figura 3.7 muestra los histogramas de la distribución de frecuencia de los ángulos de fase de TCFS para todos los eventos, considerando las restricciones $|\phi_1 - \phi_2| \leq 5^\circ$ (Figura 3.7a) y $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$ (Figura 3.7b). El detalle para los distintos tipos de falla lo vemos en la Figura 3.8, que presenta las distribuciones de frecuencia correspondientes a los tipos de falla inversa, normal, normal oblicua y de desgarre de acuerdo con el límite $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$ (nuevamente, el caso de las fallas inversas oblicuas no se muestra ya que su número es demasiado bajo como para resultar relevante).

$ \phi_1 - \phi_2 $ (°)	Tipo de falla	Nº de eventos	P_s (%)	Tipo de correlación
≤ 5	Todos	2736	0.004	Valores máximos de TCFS
≤ 5	De desgarre	249	< 0.001	Valores máximos de TCFS
≤ 5	Inversa	536	1.936	Valores mínimos de TCFS
≤ 5	Inversa oblicua	20	*	
≤ 5	Normal	983	27.151	
≤ 5	Normal oblicua	134	0.007	Valores máximos de TCFS
≤ 2	Todos	1448	0.002	Valores máximos de TCFS
≤ 2	De desgarre	85	< 0.001	Valores máximos de TCFS
≤ 2	Inversa	327	1.433	Valores mínimos de TCFS
≤ 2	Inversa oblicua	4	*	
≤ 2	Normal	678	0.092	Valores máximos de TCFS
≤ 2	Normal oblicua	47	1.574	Valores máximos de TCFS

TABLA 3.4: Resultados del test de Schuster por tipo de falla. $|\phi_1 - \phi_2|$ es la diferencia de ángulo de fase de TCFS entre los dos planos de falla posibles de la solución de doble par de cada evento. P_s es la probabilidad de que la distribución de fase sea aleatoria, según el test de Schuster. Los casos en los que $P_s < 5\%$ están en negrita. El símbolo * indica que el número de eventos incluido en ese conjunto no se considera significativo.

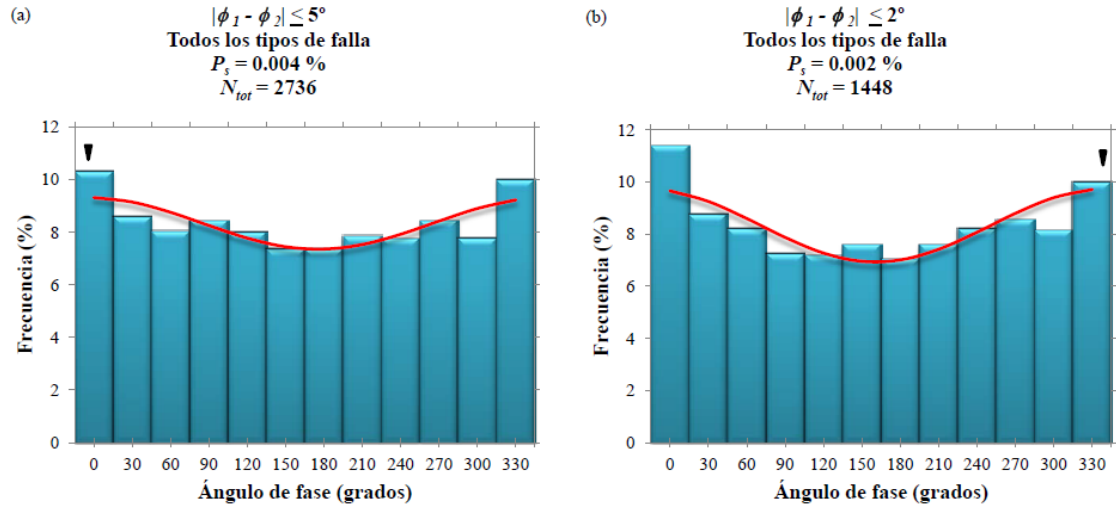


FIGURA 3.7: Histogramas de la distribución de frecuencias de los ángulos de fase de marea para todos los eventos, considerando las restricciones $|\phi_1 - \phi_2| \leq 5^\circ$ (Figura 3.7a) y $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$ (Figura 3.7b), siendo $|\phi_1 - \phi_2|$ la diferencia de ángulo de fase de TCFS entre los dos planos de falla posibles de la solución de doble par de cada evento. P_s es la probabilidad de que la distribución de fase sea aleatoria, según el test de Schuster. N_{tot} es el número de eventos de cada subconjunto. La curva representa una función sinusoidal ajustada a la distribución de la frecuencia, y su pico se indica mediante un triángulo.

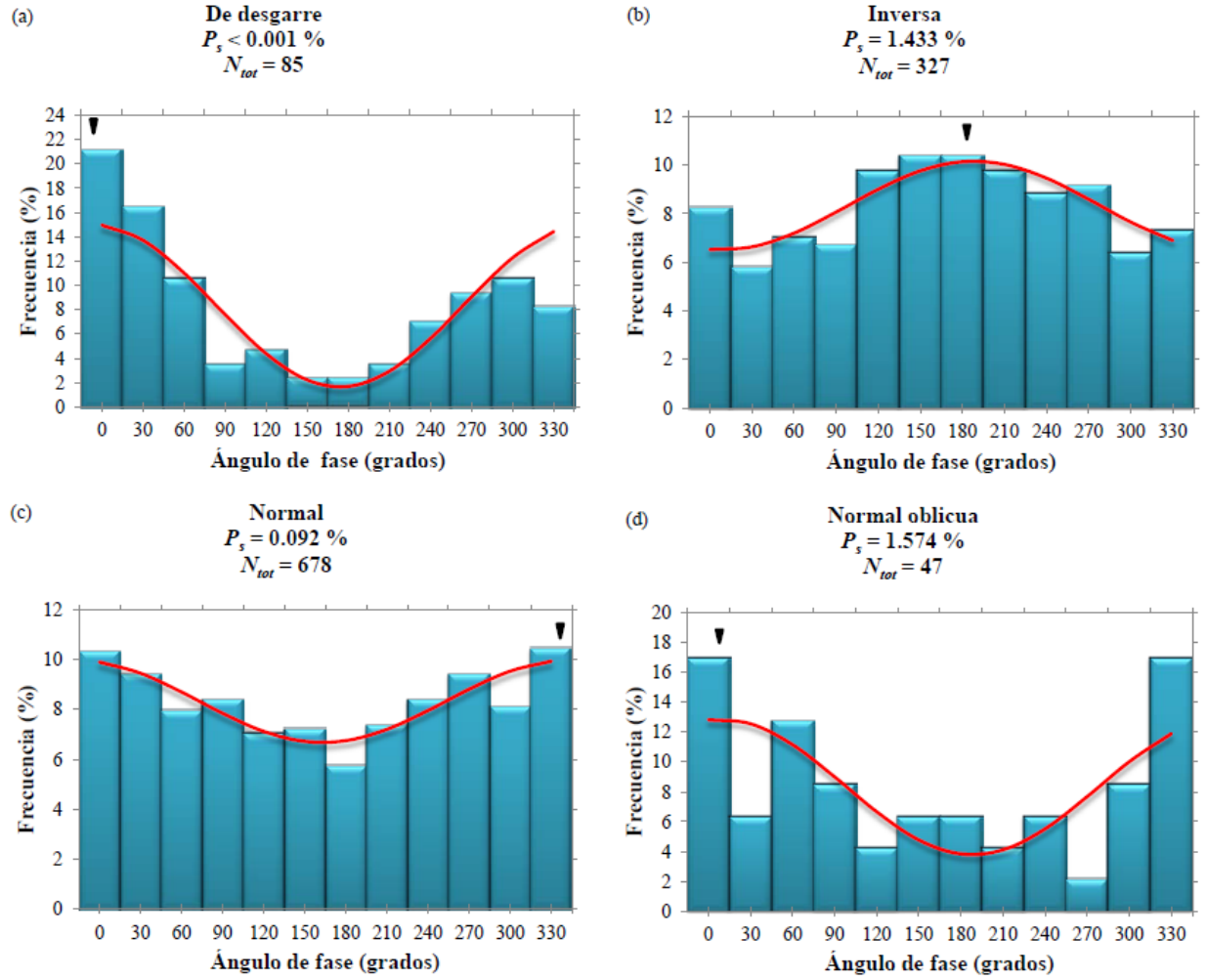


FIGURA 3.8: Distribución de frecuencias de los ángulos de fase de TCFS para los distintos tipos de mecanismos focales, considerando que la diferencia permitida en ángulo de fase de TCFS entre los dos planos posibles de la solución es $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$: a) Fallas de desgarre; b) Fallas inversas; c) Fallas normales; d) Fallas normales oblicuas. P_s es la probabilidad de que la distribución de fase sea aleatoria, según el test de Schuster. N_{tot} es el número de eventos de cada subconjunto. La curva representa una función sinusoidal ajustada a la distribución de la frecuencia, y su pico se indica mediante un triángulo.

En estos histogramas, los terremotos se agrupan en rangos de fase de 30° de amplitud. La curva sinusoidal aplicada a las distribuciones de frecuencia se obtiene mediante ajuste mínimos cuadrados de la expresión

$$P(\phi) = P_0 + a_1 \cos(\phi) + a_2 \sin(\phi), \quad [3.35]$$

a cada distribución de frecuencias. Los coeficientes P_0 , a_1 y a_2 deben satisfacer que, para cada ángulo ϕ que define un rango de fases en el histograma, $P(\phi)$ se aproxima a la frecuencia ω observada para dicho rango. Si expresamos esto en forma matricial, resulta

$$\begin{pmatrix} 1 & \cos(\phi_1) & \sin(\phi_1) \\ 1 & \cos(\phi_2) & \sin(\phi_2) \\ \\ 1 & \cos(\phi_{l_2}) & \sin(\phi_{l_2}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = A \cdot c \approx \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \\ \omega_{l_2} \end{pmatrix} = b. \quad [3.36]$$

Las componentes del vector c que proporcionan el mejor ajuste a la expresión [3.36] son la solución al sistema de ecuaciones normales de Gauss (Peña, 2000)

$$A^t \cdot A \cdot c = A^t \cdot b. \quad [3.37]$$

Como

$$A^t \cdot A = \begin{pmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & \sum_{i=1}^{12} \cos^2(\phi_i) & 0 \\ 0 & 0 & \sum_{i=1}^{12} \sin^2(\phi_i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12 & 0 & 0 \\ 0 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 6 \end{pmatrix}, \quad [3.38]$$

 y

$$A^t \cdot b = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^{12} \omega_i \\ \sum_{i=1}^{12} \cos(\phi_i) \omega_i \\ \sum_{i=1}^{12} \text{sen}(\phi_i) \omega_i \end{pmatrix}, \quad [3.39]$$

la solución vendrá dada por los coeficientes

$$\left\{ \begin{array}{l} P_0 = \frac{\sum_{i=1}^{12} \omega_i}{12}, \\ a_1 = \frac{\sum_{i=1}^{12} \cos(\phi_i) \omega_i}{6}, \\ a_2 = \frac{\sum_{i=1}^{12} \text{sen}(\phi_i) \omega_i}{6}. \end{array} \right. \quad [3.40]$$

Si definimos el error cometido por la función $P(\phi)$ en un punto (ϕ, ω_i) como

$$\varepsilon_i = \omega_i - P(\phi_i), \quad [3.41]$$

entonces podemos obtener el error cuadrático medio de $P(\phi)$ en la totalidad de los puntos considerados como (Peña, 2000)

$$E_{qm} = \frac{\sum_{i=1}^{12} (\varepsilon_i)^2}{12}. \quad [3.42]$$

Por otra parte, usar las identidades trigonométricas (Stroud, 1972)

$$\begin{cases} a_1 \cos(\phi) + a_2 \text{sen}(\phi) = A \cos(\phi - \alpha), \\ a_1 \cos(\phi) - a_2 \text{sen}(\phi) = A \cos(\phi + \alpha), \end{cases} \quad [3.43]$$

donde

$$\begin{cases} A = \sqrt{(a_1^2 + a_2^2)}, \\ \alpha = \tan^{-1} \frac{a_2}{a_1}, \quad (0^\circ < \alpha < 90^\circ) \end{cases} \quad [3.44]$$

permite reformular [3.35] como

$$P(\phi) = P_0 + P_1 \cos(\phi - \alpha), \quad [3.45]$$

que es la expresión utilizada habitualmente en la literatura (ver p.e., Tanaka et al., 2002). Al parámetro P_0 se le llama frecuencia media, P_1 es la amplitud de la curva y α es la fase de la curva. Los ángulos de fase ϕ que maximizan la expresión [3.45] aparecen indicados con triángulos en las Figuras 3.7 y 3.8.

Lo que vemos en estas gráficas es que un gran número de terremotos tiende a ocurrir en rangos de fases de marea próximos a los picos de las curvas de ajuste. Para el conjunto de todos los eventos y los subconjuntos de los tipos de falla de desgarre, normal y normal oblicua (Figuras 3.7, 3.8a, 3.8c y 3.8d), el pico ocurre un poco antes o un poco después del ángulo de fase TCFS $\phi = 0^\circ/360^\circ$, donde el esfuerzo de marea es máximo. Por otra parte, el histograma correspondiente al subconjunto del tipo de falla inversa (Figura 3.8b) muestra una curva de ajuste cuyo pico ocurre cerca de $\phi = 180^\circ$.

Se ha utilizado un sencillo test binomial (Wonnacott y Wonnacott, 1977) para evaluar si los terremotos son más propensos a ocurrir en el semiciclo de la marea alta ($0^\circ \leq \phi < 90^\circ$ ó $270^\circ \leq \phi < 360^\circ$) que en el semiciclo de la marea baja ($90^\circ \leq \phi < 270^\circ$). Los resultados de este test para los distintos conjuntos de terremotos aparecen en la Tabla 3.5, donde P_h es la probabilidad de obtener un número de eventos de marea alta mayor o igual al número observado ($N_{h,obs}$) asumiendo la hipótesis nula de que los terremotos no están influidos por el esfuerzo de marea. Los terremotos correspondientes al tipo de falla inversa se trataron de forma separada (Tabla 3.6), pues es claro que la distribución está dominada por la marea baja ($90^\circ \leq \phi < 270^\circ$), y el estadístico a utilizar en este caso es P_l , la probabilidad de tener un número de eventos de marea baja mayor o igual al número observado ($N_{l,obs}$).

$ \phi_1 - \phi_2 (^{\circ})$	Tipo de falla	$N_{h,obs}$	$N_{h,obs}/N_{tot}$	P_h
≤ 5	Todas	1474	0.539	< 0.001
≤ 5	De desgarre	171	0.687	< 0.001
≤ 5	Normal	507	0.516	0.169
≤ 5	Normal oblicua	88	0.657	< 0.001
≤ 2	Todas	799	0.552	< 0.001
≤ 2	De desgarre	63	0.741	< 0.001
≤ 2	Normal	376	0.555	0.003
≤ 2	Normal oblicua	32	0.681	0.009

TABLA 3.5: Resultados del test binomial para distintos tipos de falla. $|\phi_1 - \phi_2|$ es la diferencia de ángulo de fase de TCFS entre los dos planos de falla posibles de la solución de doble par de cada evento. N_{tot} es el número de eventos de cada subconjunto. $N_{h,obs}$ es el número de eventos observados con marea alta ($0^{\circ} \leq \phi < 90^{\circ}$ ó $270^{\circ} \leq \phi < 360^{\circ}$). P_h es la probabilidad de obtener un número de eventos de marea alta mayor o igual al número observado ($N_{h,obs}$) asumiendo la hipótesis nula de que los terremotos no están influidos por el esfuerzo de marea. Los casos en que se cumple $P_h < 0.05$ están en negrita. El tipo de falla inversa se trata de forma individual en la Tabla 3.6, mientras que el tipo de falla inversa oblicua se ha omitido debido a su escaso número de eventos.

$ \phi_1 - \phi_2 (^{\circ})$	$N_{l,obs}$	$N_{l,obs}/N_{tot}$	P_l
≤ 5	288	0.537	0.046
≤ 2	183	0.560	0.018

TABLA 3.6: Resultados del test binomial para el tipo de falla inversa. $|\phi_1 - \phi_2|$ es la diferencia de ángulo de fase de TCFS entre los dos planos de falla posibles de la solución de doble par de cada evento. N_{tot} es el número de eventos de cada subconjunto. $N_{l,obs}$ es el número de eventos observados con marea baja ($90^{\circ} \leq \phi < 270^{\circ}$). P_l es la probabilidad de obtener un número de eventos de marea baja mayor o igual al número observado ($N_{l,obs}$) asumiendo la hipótesis nula de que los terremotos no están influidos por el esfuerzo de marea. Los casos en que se cumple $P_l < 0.05$ están en negrita.

Estos tests binomiales muestran que la hipótesis nula puede rechazarse con un nivel de confianza del 99% para el conjunto de todos los eventos (tanto con la condición $|\phi_1 - \phi_2| \leq 5^\circ$ como con la condición $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$) y para los subconjuntos de tipo de falla de desgarre ($|\phi_1 - \phi_2| \leq 5^\circ$ y $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$), normal oblicua ($|\phi_1 - \phi_2| \leq 5^\circ$ y $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$) y normal ($|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$). Para el caso de las fallas inversas, el nivel de confianza con el que puede rechazarse la hipótesis nula sería el 95%.

Este método de estudio de fases trata de igual modo los terremotos ocurridos en ciclos de amplitud de esfuerzos alta que los terremotos ocurridos en ciclos de amplitud de esfuerzos baja. Con el fin de compensar esta posible limitación, se ha añadido al análisis otra condición basada en $Ah_{1/2}$ (amplitud del semiciclo de TCFS en el que ocurre el terremoto, ver Figura 3.5). Para cada evento, se han calculado las amplitudes del semiciclo de TCFS $Ah_{1/2}(1)$ y $Ah_{1/2}(2)$ correspondientes a los dos posibles planos de falla de la solución del mecanismo, así como el valor medio

$$Mh_{1/2} = \frac{Ah_{1/2}(1) + Ah_{1/2}(2)}{2}. \quad [3.46]$$

El promedio de $Mh_{1/2}$ para todos los terremotos considerados se aproxima a 1200 Pa, aunque el rango de valores está entre 0 – 3500 Pa. Este valor $Mh_{1/2}$ se ha utilizado para clasificar los eventos en dos categorías: semiciclos de baja amplitud de TCFS ($Mh_{1/2} \leq 1000$ Pa) y semiciclos de alta amplitud de TCFS ($Mh_{1/2} > 1000$ Pa). Se ha escogido el valor 1000 Pa como frontera entre baja amplitud y alta amplitud porque es el valor que divide al conjunto total de terremotos en dos subconjuntos de aproximadamente el mismo número de eventos. Puesto que queremos utilizar únicamente terremotos en los que TCFS se comporta de forma similar en los dos planos posibles de la solución del mecanismo de falla, rechazaremos los eventos con $|Ah_{1/2}(1) - Ah_{1/2}(2)| > 500$ Pa. Los resultados de añadir este nuevo condicionante a nuestro estudio se muestran en la Tabla 3.7.

$ \phi_1 - \phi_2 $ (°)	Tipo de falla	$Mh_{1/2} \leq 1000$ Pa		$Mh_{1/2} > 1000$ Pa	
		N_{tot}	P_s (%)	N_{tot}	P_s (%)
≤ 5	Todas	1001	65.230	923	0.010
≤ 5	De desgarre	142	0.035	93	< 0.001
≤ 5	Inversa	365	63.553	81	13.922
≤ 5	Inversa oblicua	20	*	0	*
≤ 5	Normal	176	93.541	449	30.430
≤ 5	Normal oblicua	19	*	105	0.005
≤ 2	Todas	502	65.862	515	0.005
≤ 2	De desgarre	58	0.040	24	0.014
≤ 2	Inversa	217	23.029	59	27.481
≤ 2	Inversa oblicua	4	*	0	*
≤ 2	Normal	109	60.103	327	1.386
≤ 2	Normal oblicua	7	*	37	1.222

TABLA 3.7: Resultados del test de Schuster teniendo en cuenta tipos de falla y rangos de amplitudes de TCFS. $|\phi_1 - \phi_2|$ es la diferencia de ángulo de fase de TCFS entre los dos planos de falla posibles de la solución de doble par de cada evento. N_{tot} es el número de eventos de cada subconjunto. P_s es la probabilidad de que la distribución de fase sea aleatoria, según el test de Schuster. $Mh_{1/2}$ es la amplitud del semiciclo de TCFS en el que ocurre el evento, tomada como el valor medio calculado para los dos posibles planos de falla de la solución del mecanismo. Los casos en los que $P_s < 5\%$ están en negrita. El símbolo * indica que el número de eventos incluido en ese conjunto no se considera significativo.

Estos nuevos resultados muestran que los eventos pertenecientes a semiciclos de alta amplitud de TCFS son mucho más propensos a la correlación con las mareas que los eventos ocurridos en ciclos de baja amplitud. El único tipo de falla para el que se encuentran correlaciones estadísticamente significativas (es decir, con $P_s < 5\%$) tanto en los semiciclos de amplitud altos como en los bajos es el tipo de de desgarre. Para el conjunto de todos los tipos de falla y los subconjuntos de los tipos de falla normal y normal oblicua, sólo los tiempos de ocurrencia de los terremotos de amplitudes altas presentan correlaciones significativas con el esfuerzo de marea. La principal diferencia con los resultados de la Tabla 3.4 (donde no había ninguna clasificación basada en rangos de amplitudes de TCFS) es que ahora no aparece ninguna correlación con $P_s < 5\%$ para ningún subconjunto de eventos de tipo de falla inversa. Además, los correspondientes histogramas (Figura 3.9) muestran que para los conjuntos de eventos con $P_s < 5\%$ el pico de la curva de ajuste siempre ocurre un poco antes o un poco después del ángulo de fase de TCFS $\phi = 0^\circ/360^\circ$, donde el esfuerzo de marea es máximo.

El test binomial se aplicó también a los eventos clasificados según tipo de falla y amplitud de semiciclo. Los resultados mostrados en la Tabla 3.8 parecen confirmar esta diferencia de comportamiento entre los terremotos cuyo semiciclo de TCFS es de alta amplitud y aquellos pertenecientes al régimen de baja amplitud de TCFS. Los mismos conjuntos de eventos para los que se obtuvieron valores de $P_s < 5\%$ según el test de Schuster también dan un valor de $P_h < 5\%$ con el test binomial, mientras que no se encuentra ninguna correlación significativa para ningún subconjunto de tipo inverso utilizando el test binomial, como se ve en la Tabla 3.9.

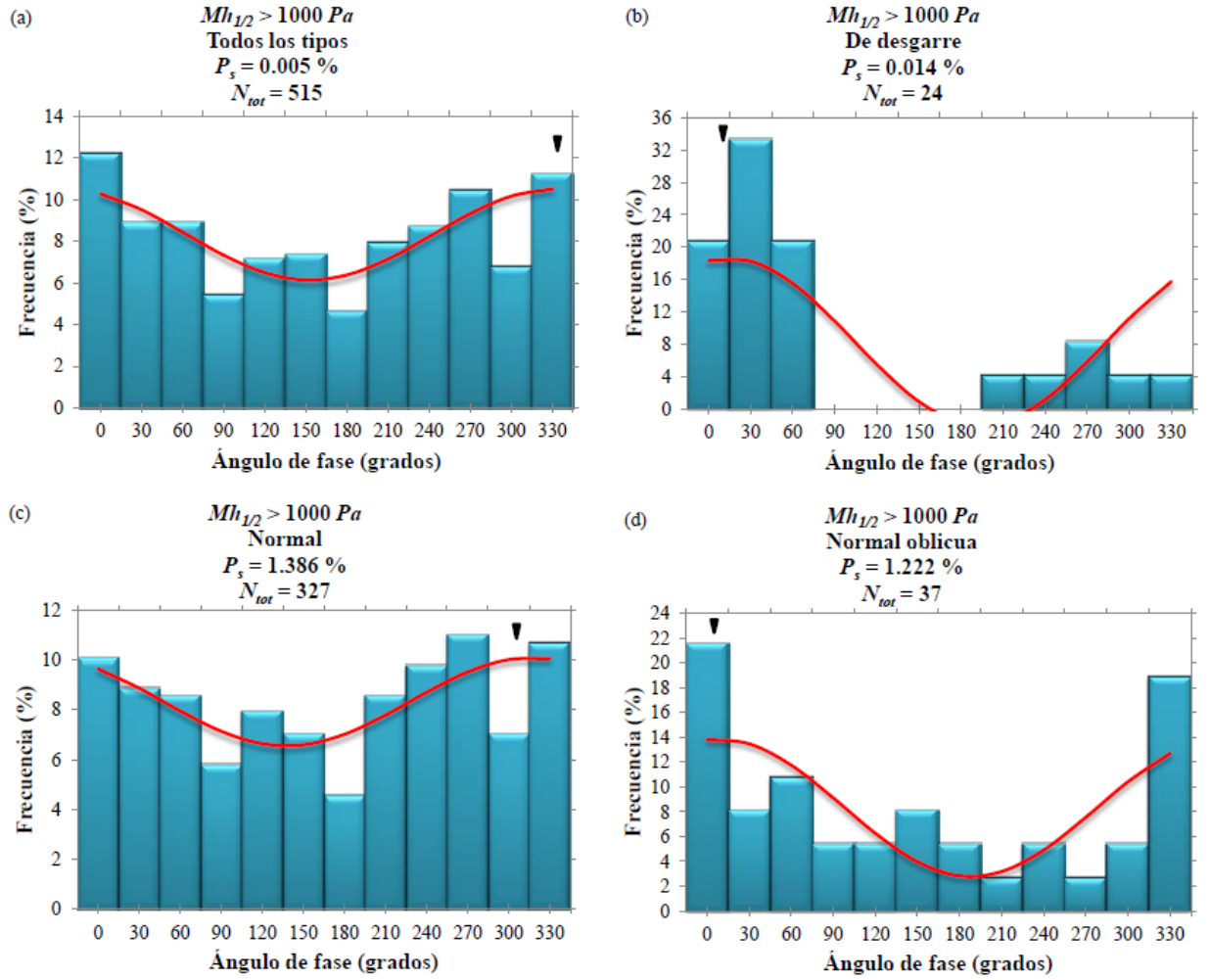


FIGURA 3.9: Distribución de frecuencias de los ángulos de fase de TCFS para los distintos tipos de mecanismos focales, considerando que la diferencia permitida en ángulo de fase de TCFS entre los dos planos posibles de la solución es $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$ y utilizando sólo los eventos ocurridos durante semiciclos de alta amplitud de TCFS: a) Todos los tipos de falla; b) De desgarre; c) Normal; d) Normal oblicua. P_s es la probabilidad de que la distribución de fase sea aleatoria, según el test de Schuster. $Mh_{1/2}$ es la amplitud del semiciclo de TCFS en el que ocurre el evento, tomada como el valor medio calculado para los dos posibles planos de falla de la solución del mecanismo. N_{tot} es el número de eventos de cada subconjunto. La curva representa una función sinusoidal ajustada a la distribución de la frecuencia, y su pico se indica mediante un triángulo.

$ \phi_1 - \phi_2 $ (°)	Tipos de falla	$Mh_{1/2} \leq 1000$ Pa			$Mh_{1/2} > 1000$ Pa		
		$N_{h,obs}$	$N_{h,obs}/N_{tot}$	P_h	$N_{h,obs}$	$N_{h,obs}/N_{tot}$	P_h
≤ 5	Todas	510	0.509	0.285	516	0.559	< 0.001
≤ 5	De desgarre	86	0.606	0.007	79	0.849	< 0.001
≤ 5	Normal	88	0.500	0.530	227	0.506	0.425
≤ 5	Normal oblicua	*	*	*	72	0.686	< 0.001
≤ 2	Todas	249	0.496	0.588	293	0.569	0.001
≤ 2	De desgarre	41	0.707	0.001	20	0.833	< 0.001
≤ 2	Normal	51	0.468	0.778	179	0.547	0.048
≤ 2	Normal oblicua	*	*	*	25	0.676	0.024

TABLA 3.8: Test binomial para los distintos tipos de falla y los rangos de amplitudes de TCFS analizados. $|\phi_1 - \phi_2|$ es la diferencia de ángulo de fase de TCFS entre los dos planos de falla posibles de la solución del mecanismo focal. N_{tot} es el número de eventos de cada subconjunto. $Mh_{1/2}$ es la amplitud del semiciclo de TCFS en el que ocurre el evento, tomada como el valor medio calculado para los dos posibles planos de falla de la solución del mecanismo. $N_{h,obs}$ es el número de eventos observados con marea alta ($0^\circ \leq \phi < 90^\circ$ ó $270^\circ \leq \phi < 360^\circ$). P_h es la probabilidad de obtener un número de eventos de marea alta mayor o igual al número observado ($N_{h,obs}$) asumiendo la hipótesis nula de que los terremotos no están influidos por el esfuerzo de marea. Los casos en que se cumple $P_h < 0.05$ están en negrita. El símbolo * indica que el número de eventos incluido en ese conjunto no se considera significativo. El tipo de falla inversa se trata de forma individual en la Tabla 3.9, mientras que el tipo de falla inversa oblicua se ha omitido debido a su escaso número de eventos.

	$Mh_{1/2} \leq 1000 \text{ Pa}$			$Mh_{1/2} > 1000 \text{ Pa}$		
$ \phi_1 - \phi_2 \text{ (}^\circ\text{)}$	$N_{l,obs}$	$N_{l,obs}/N_{tot}$	P_l	$N_{l,obs}$	$N_{l,obs}/N_{tot}$	P_l
≤ 5	185	0.507	0.417	46	0.568	0.133
≤ 2	117	0.539	0.139	34	0.576	0.149

TABLA 3.9: Test binomial para los eventos correspondientes al tipo de falla inversa y los rangos de amplitudes de TCFS analizados. $|\phi_1 - \phi_2|$ es la diferencia de ángulo de fase de TCFS entre los dos planos de falla posibles de la solución del mecanismo focal. N_{tot} es el número de eventos de cada subconjunto. $Mh_{1/2}$ es la amplitud del semiciclo de TCFS en el que ocurre el evento, tomada como el valor medio calculado para los dos posibles planos de falla de la solución del mecanismo. $N_{l,obs}$ es el número de eventos observados con marea baja ($90^\circ \leq \phi < 270^\circ$). P_l es la probabilidad de obtener un número de eventos de marea baja mayor o igual al número observado ($N_{l,obs}$) asumiendo la hipótesis nula de que los terremotos no están influidos por el esfuerzo de marea.

Con el fin de evaluar el efecto de la marea de carga oceánica en nuestros resultados, hemos obtenido un nuevo conjunto de terremotos con la misma metodología que se describe en las Secciones 3.2.2 y 3.2.3, siendo la única diferencia que TCFS se ha calculado ignorando los efectos de carga oceánica, es decir, teniendo en cuenta únicamente el modelo de marea sólida WDZ. Este nuevo catálogo está compuesto de 2712 eventos, la mayoría de los cuales son coincidentes con el catálogo original. Todos los tests binomiales y de Schuster descritos en esta sección se aplicaron a este nuevo catálogo, obteniendo básicamente los mismos resultados, que podemos resumir en los puntos siguientes:

- i) El conjunto de todos los tipos de falla, y los subconjuntos correspondientes a los tipos de falla de desgarre, normal y normal oblicua muestran correlaciones estadísticamente significativas entre los tiempos de origen de los terremotos y los valores máximos de TCFS, mientras que los eventos de tipo de falla inversa parecen estar fuertemente correlados con los valores mínimos de TCFS;
- ii) Los terremotos ocurridos durante semiciclos de alta amplitud de TCFS muestran una correlación mucho mejor con las mareas que los eventos ocurridos durante semiciclos de baja amplitud;
- iii) Al separar los terremotos en función de su pertenencia a semiciclos de TCFS altos o bajos, no encontramos ninguna correlación significativa para los eventos de tipo de falla inversa.

Los resultados de la aplicación del test de Schuster para este nuevo conjunto de datos se recogen en las Tablas 3.10 y 3.11. La Figura 3.10 muestra la comparación entre las distribuciones del ángulo de fase de ambos conjuntos de datos. El desfase entre las dos distribuciones es inferior a 15° tanto para la condición $|\phi_1 - \phi_2| \leq 5^\circ$ (Figura 3.10a) como para la condición $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$ (Figura 3.10b).

$ \phi_1 - \phi_2 (^{\circ})$	Tipo de falla	Nº de eventos	P_s (%)	Tipo de correlación
≤ 5	Todas	2712	0.001	Valores máximos de TCFS
≤ 5	De desgarre	241	< 0.001	Valores máximos de TCFS
≤ 5	Inversa	542	3.233	Valores mínimos de TCFS
≤ 5	Inversa oblicua	21	*	
≤ 5	Normal	991	26.735	
≤ 5	Normal oblicua	130	0.038	Valores máximos de TCFS
≤ 2	Todas	1435	0.001	Valores máximos de TCFS
≤ 2	De desgarre	92	< 0.001	Valores máximos de TCFS
≤ 2	Inversa	330	0.949	Valores mínimos de TCFS
≤ 2	Inversa oblicua	11	*	
≤ 2	Normal	678	0.037	Valores máximos de TCFS
≤ 2	Normal oblicua	46	2.803	Valores máximos de TCFS

TABLA 3.10: Resultados del test de Schuster según el tipo de falla, para un catálogo de terremotos calculado utilizando únicamente el modelo de marea sólida WDZ (Wahr, 1981; Zschau y Wang, 1987; Dehant, 1987). $|\phi_1 - \phi_2|$ es la diferencia de ángulo de fase de TCFS entre los dos planos de falla posibles de la solución de doble par de cada evento. P_s es la probabilidad de que la distribución de fase sea aleatoria, según el test de Schuster. Los casos en los que $P_s < 5\%$ están en negrita. El símbolo * indica que el número de eventos incluido en ese conjunto no se considera significativo.

$ \phi_1 - \phi_2 $ (°)	Tipo de falla	$Mh_{1/2} \leq 1000$ Pa		$Mh_{1/2} > 1000$ Pa	
		N_{tot}	P_s (%)	N_{tot}	P_s (%)
≤ 5	Todas	977	30.236	932	0.002
≤ 5	De desgarre	141	0.001	89	< 0.001
≤ 5	Inversa	371	45.655	82	73.315
≤ 5	Inversa oblicua	21	*	0	*
≤ 5	Normal	165	78.77	460	82.026
≤ 5	Normal oblicua	17	*	102	0.005
≤ 2	Todas	487	17.222	522	0.010
≤ 2	De desgarre	63	0.346	27	0.011
≤ 2	Inversa	219	5.111	59	71.090
≤ 2	Inversa oblicua	11	*	0	*
≤ 2	Normal	95	32.702	336	4.300
≤ 2	Normal oblicua	8	*	36	0.240

TABLA 3.11: Resultados del test de Schuster según los tipos de falla y rangos de amplitudes considerados, para un catálogo de terremotos calculado utilizando únicamente el modelo de marea sólida WDZ (Wahr, 1981; Zschau y Wang, 1987; Dehant, 1987). $|\phi_1 - \phi_2|$ es la diferencia de ángulo de fase de TCFS entre los dos planos de falla posibles de la solución de doble par de cada evento. N_{tot} es el número de eventos de cada subconjunto. P_s es la probabilidad de que la distribución de fase sea aleatoria, según el test de Schuster. $Mh_{1/2}$ es la amplitud del semiciclo de TCFS en el que ocurre el evento, tomada como el valor medio calculado para los dos posibles planos de falla de la solución del mecanismo. Los casos en los que $P_s < 5\%$ están en negrita. El símbolo * indica que el número de eventos incluido en ese conjunto no se considera significativo.

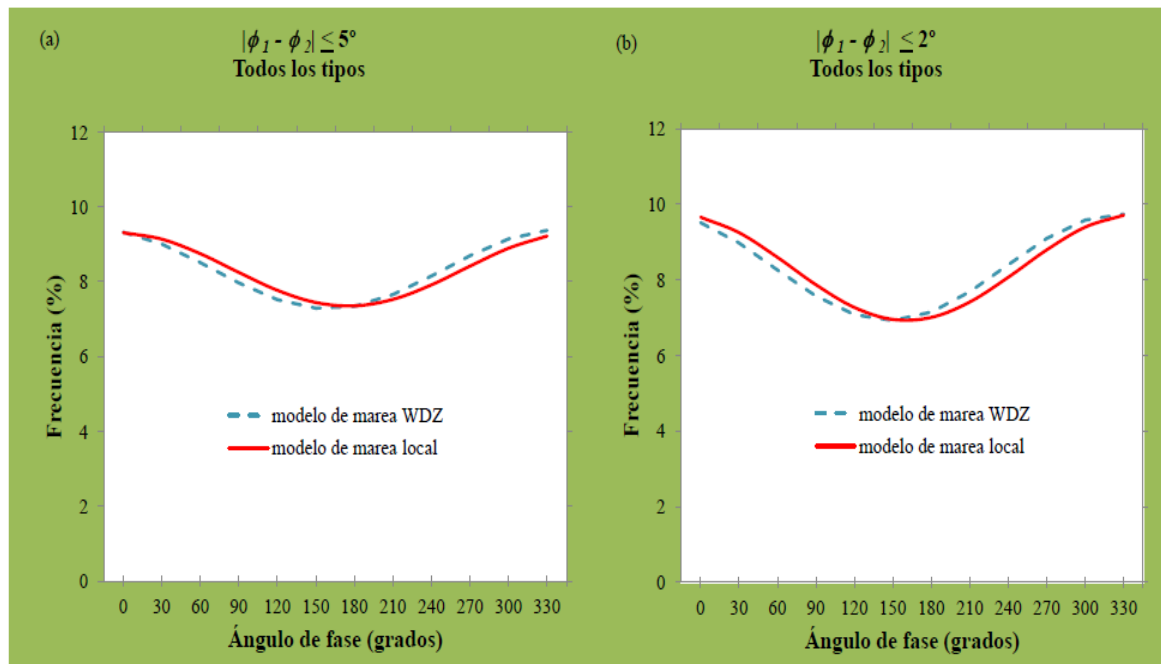


FIGURA 3.10: Comparación entre dos distribuciones de frecuencia de los ángulos de fase de marea: una distribución obtenida para un catálogo en el que los efectos de carga oceánica se han incorporado a un modelo de marea local (en rojo), y una distribución obtenida para un conjunto en el que solamente se ha utilizado el modelo de marea sólida WDZ en los cálculos de TCFS (en azul): a) Condición $|\phi_1 - \phi_2| \leq 5^\circ$; b) Condición $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$.

3.4 Discusión y conclusiones.

Los resultados iniciales de los tests de Schuster y los tests binomiales (Tablas 3.4 – 3.6) y el análisis de la distribución de ángulos de fase (Figuras 3.7 y 3.8) sugieren que los tiempos de ocurrencia de los terremotos están altamente correlados con los valores máximos de TCFS para el conjunto de todos los tipos de falla y los subconjuntos de tipo de falla de desgarre, normal y normal oblicua.

Estas correlaciones entre TCFS y los terremotos en California son un resultado nuevo, no encontrado previamente.

El tipo de falla inversa oblicua no se ha tomado en consideración debido a que está formado por un número de eventos insignificante.

La correlación opuesta (es decir, entre los tiempos de ocurrencia de los terremotos y los valores mínimos de TCFS) se encuentra para el tipo de falla inversa (Figura 3.8b), pero esta correlación desaparece cuando los eventos pertenecientes a semiciclos de baja amplitud de TCFS se tratan de forma separada a los terremotos ocurridos bajo semiciclos de alta amplitud de TCFS.

Al realizar dicha separación en función de amplitudes (Tablas 3.7 – 3.9; Figura 3.9) lo que observamos es que los terremotos ocurridos durante semiciclos de alta amplitud tienen una mejor correlación con los esfuerzos de marea, lo cual parece lógico ya que en estos semiciclos de alta amplitud es más probable que se alcancen valores críticos de TCFS. Bajo la condición $Mh_{1/2} > 1000$ Pa, tanto el test de Schuster como el test binomial detectan correlaciones altas (a un nivel de confianza del 95%) entre los terremotos y los valores máximos de TCFS para el conjunto de todos los tipos de falla y los subconjuntos de tipo de falla de desgarre, normal y normal oblicua. Sin embargo, no se encuentra ninguna correlación a nivel del 95% para los eventos de falla inversa ni para la condición $Mh_{1/2} > 1000$ Pa ni suponiendo $Mh_{1/2} \leq 1000$ Pa, lo que sugiere que la correlación contra-intuitiva encontrada previamente para terremotos de falla inversa entre los tiempos de ocurrencia de los eventos y los valores mínimos de TCFS podría ser un resultado falso, debido al efecto de mezclar eventos ocurridos en distintos regímenes de amplitudes de TCFS.

Una comparación entre la Tabla 3.4 y la Tabla 3.10, o entre la Tabla 3.5 y la Tabla 3.11, nos revela que hay poca diferencia entre usar el modelo local de mareas definido en la sección 3.2.2 (que considera el efecto de la carga oceánica) y usar el modelo de marea sólida WDW en los cálculos de TCFS, puesto que los resultados son muy similares. Esta

aparente falta de influencia de la marea de carga oceánica en el proceso de detonación de terremotos descrito en este trabajo puede deberse al hecho de que los efectos de la carga oceánica disminuyen tierra adentro (Thomas et al., 2012), lo que implicaría que la mayor parte de los eventos del catálogo empleado aquí no se verían afectados de un modo significativo.

Este análisis estadístico basado en el ángulo de fase ϕ debería complementarse con el estudio del propio signo de TCFS. Como veíamos en la sección 3.1.2, los valores positivos de TCFS en una falla promueven el deslizamiento de dicha falla, mientras que los valores negativos de TCFS retrasarían o impedirían el deslizamiento de la falla. De hecho, Xu et al. (2011) realizó un estudio estadístico sobre el signo de TCFS utilizando un catálogo global de 20395 terremotos, analizando variaciones en signo según el tipo de falla y la latitud y encontrando patrones latitudinales. La Tabla 3.12 muestra los ratios N^+/N_{tot} (siendo N^+ el número de eventos de un subconjunto con $TCFS > 0$) en función del tipo de falla para nuestro catálogo de California. Para la elaboración de la Tabla 3.12 fue necesario eliminar aquellos eventos para los cuales el signo de TCFS no era el mismo en los dos planos de falla posibles de la solución del mecanismo.

De acuerdo con este estudio del signo de TCFS, los grupos de eventos para los cuales $N^+/N_{tot} > 50\%$ (es decir, su deslizamiento de falla estaría siendo promovido por TCFS) y además se cumple que $|\phi_1 - \phi_2| \leq 5^\circ$ son los siguientes:

- i) el conjunto de todos los tipos de falla,
- ii) el subconjunto de los eventos de desgarre, y
- iii) el subconjunto que forman los eventos de tipo de falla normal oblicua.

Si sustituimos la condición $|\phi_1 - \phi_2| \leq 5^\circ$ por la más estricta $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$, entonces $N^+/N_{tot} > 50\%$ para todos los grupos mencionados previamente más el subconjunto de los eventos de tipo de falla normal.

Estos subconjuntos de eventos que según el valor de N^+/N_{tot} son favorecidos por el TCFS en el deslizamiento de falla son exactamente los mismos subconjuntos para los que obteníamos importantes correlaciones ($P_s < 5\%$) entre los valores máximos de TCFS y la ocurrencia de terremotos (ver Tabla 3.4 y Tabla 3.5).

$ \phi_1 - \phi_2 $ (°)	Tipo de falla	N_{tot}	N^+	N^+ / N_{tot} (%)
≤ 5	Todas	2644	1473	55.71
≤ 5	De desgarre	224	187	83.48
≤ 5	Inversa	527	249	47.25
≤ 5	Normal	977	485	49.64
≤ 5	Normal oblicua	131	88	67.18
≤ 2	Todas	1405	801	57.01
≤ 2	De desgarre	77	70	90.91
≤ 2	Inversa	323	151	46.75
≤ 2	Normal	675	369	54.67
≤ 2	Normal oblicua	45	31	68.89

TABLA 3.12: Estadística de fallas influidas por TCFS en función del tipo de falla. $|\phi_1 - \phi_2|$ es la diferencia de ángulo de fase de TCFS entre los dos planos de falla posibles de la solución de doble par de cada evento. N_{tot} es el número de eventos de cada subconjunto. N^+ es el número de eventos de cada conjunto con $TCFS > 0$. N^+ / N_{tot} es la razón de fallas con $TCFS > 0$ en cada subconjunto. El tipo de falla inversa oblicua no se ha considerado en este estudio debido a que el número de eventos que contiene dicho subconjunto es muy pequeño. Los casos en que $N^+ / N_{tot} > 50\%$ están en negrita.

Por otra parte, la Tabla 3.12 muestra que N^+/N_{tot} siempre es menor que 50% (implicando que el TCFS es contrario al deslizamiento de la falla) para el tipo de falla inversa. Este es el único mecanismo de falla para el cual las correlaciones detectadas usando el test de Schuster o el test binomial (ver Tabla 3.4 y Tabla 3.6) ocurrían entre los valores mínimos de TCFS y el comienzo de los terremotos. Dichas correlaciones, además, resultan no ser estadísticamente significativas cuando separamos los eventos correspondientes a semiciclos de alta amplitud de TCFS de los semiciclos de baja amplitud.

Las correlaciones entre terremotos en California y los valores máximos de TCFS que se presentan en este estudio son consistentes con los patrones encontrados por Xu et al. (2011), de cuyo trabajo se desprende que, para latitudes entre 30° y 45°, la razón N^+/N_{tot} es superior al 50% (promoviendo el deslizamiento de la falla) en los tipos de falla de desgarre, normal y oblicua, mientras que N^+/N_{tot} es menor que 50% (retrasando o impidiendo el deslizamiento de la falla) solamente en el caso de las fallas inversas.

Otros estudios en los que no se ha encontrado correlación entre esfuerzo de marea y terremotos (por ejemplo, Vidale et al., 1998) pueden estar afectados por el hecho de utilizar un catálogo de sismos más antiguo y, por tanto, más influido por errores de observación o de medida. Por no mencionar que un cuidadoso proceso de eliminación de réplicas o premonitores como el explicado en la sección 3.2.2 es fundamental para poder partir de la base de un catálogo constituido por eventos independientes entre sí.

No se ha hecho aquí ningún estudio de la posible dependencia de este fenómeno de “triggering” de terremotos con la profundidad pues, como referíamos en la sección 3.2.1, el 98% de los terremotos de nuestro catálogo tiene profundidades menores de 25 km, un rango que está dentro del que Cochran et al (2004) consideraban apropiado para correlaciones entre terremotos y TCFS. Sin embargo, no podemos concluir definitivamente que los resultados presentados en esta memoria respalden a Cochran et al. (2004) debido a la falta de ese mencionado estudio de la dependencia con la profundidad. Además, Cochran et al. (2004) encuentran una correlación global entre los terremotos de tipo de falla inversa y los valores máximos de TCFS, y esa correlación no se encuentra en el presente trabajo.

Por otra parte, el hecho de que el método empleado en este trabajo (basado en Skalský, 1991) calcule las deformaciones y los esfuerzos en la superficie terrestre y no en la profundidad del foco puede implicar que se estén cometiendo errores en las amplitudes (aunque no en las fases) de los esfuerzos calculados. No obstante, dichos errores vendrían dados principalmente por el efecto de carga oceánica (Tsuruoka et al., 1995), el cual

decrece tierra adentro (Thomas et al., 2012) y podría no ser importante en la mayor parte de eventos del catálogo.

Al igual que ocurría en otros estudios que mostraban correlaciones entre mareas y terremotos (Wilcock, 2009; Tanaka et al., 2002; Kansowa and Tatnall, 2010), los conjuntos de eventos utilizados en este trabajo están escasamente poblados en comparación con las cifras consideradas a nivel teórico por Beeler y Lockner (2003) como necesarias para encontrar una correlación. Por ejemplo, si consideramos el conjunto de todos los tipos de falla con $|\phi_1 - \phi_2| \leq 2^\circ$ y $Mh_{1/2} > 1000$ Pa (población $N_{tot} = 515$, ver Tabla 3.7) y asumimos $N_{bl} = N_{tot}$ y $\Delta\sigma = 0.001$ MPa, entonces la expresión [3.10] implica $P < 0.05$ siempre que $0.00001 < a < 0.00004$ ó $0.6 \text{ MPa} < \zeta_n < 1.6 \text{ MPa}$. Estos valores no son consistentes con los datos observacionales de Toda et al. (1998) y Belardinelli et al. (1999), lo cual puede implicar que algunos aspectos de la mecánica de los terremotos no han sido adecuadamente considerados en simulaciones de laboratorio.

Los resultados presentes en este estudio son importantes puesto que están basados en el cálculo de TCFS, que es una combinación de las componentes del esfuerzo de marea que más críticamente van a afectar al movimiento de la falla: el esfuerzo normal y el esfuerzo en la dirección del deslizamiento de la falla. Utilizar sólo una de estas componentes implica una limitación en el conocimiento del efecto completo del esfuerzo de marea sobre una falla dada.

No hay estudios previos de correlaciones entre TCFS y terremotos en California que muestren los eventos clasificados según el tipo de falla, por lo que los resultados que aquí se presentan permiten una discusión acerca del comportamiento de los distintos mecanismos focales en lo que concierne a dichas correlaciones, todo ello complementado con un estudio del signo de TCFS. Esta metodología debería trabajarse en otras regiones del mundo para confirmar las características de este fenómeno de disparo de terremotos causado por la marea que se han encontrado aquí.

CONCLUSIONES.

Se ha intentado en esta tesis realizar aportaciones significativas sobre dos temas relacionados con la Teoría de Mareas que han despertado desde hace décadas controversia científica y han dado lugar a multitud de trabajos con disparidad de resultados. El primero es la interpretación geofísica de los residuos finales de marea gravimétrica. El segundo es la existencia o no de correlaciones, estadísticamente significativas, entre la marea y la ocurrencia de terremotos.

Por tanto, son dos los objetivos propuestos:

Objetivo 1:

El primero es el estudio de las correlaciones entre la componente coseno del vector residuo final de marea gravimétrica (evaluado para las ondas M_2 y O_1 del potencial de mareas) y los parámetros geofísicos de flujo térmico, resistencia de la Litosfera, temperatura de Moho y edad tectonotérmica de la Litosfera, utilizando los datos de 21 estaciones de marea gravimétrica de la Península Ibérica.

Se ha estudiado también el efecto de considerar diferentes correcciones de efecto oceánico indirecto, utilizando tanto modelos oceánicos globales (SCHW80, FES95) como los modelos locales más recientes diseñados para el entorno de la Península Ibérica

(Iberia M_2 , IBER01), encontrando que los coeficientes de correlación son bajos y sin ninguna significación estadística, especialmente cuando se utilizan los modelos oceánicos más precisos y se eliminan del muestreo las estaciones que muestran datos anómalos.

Este estudio no se había realizado previamente para la Península de forma global, siendo por tanto los resultados obtenidos (presentados en Fernández et al., 2008 y en esta Tesis Doctoral) totalmente novedosos, si bien son consistentes con resultados previos de otros autores (Rydelek et al., 1991) que no encuentran ninguna correlación estadísticamente significativa entre los residuos de marea y los parámetros estructurales investigados.

Objetivo 2:

El segundo de los objetivos propuestos, estudiar la correlación entre marea y terremotos, no se ha podido estudiar con datos correspondientes a la Península Ibérica, ya que los catálogos de sismos existentes para la Península carecen en la gran mayoría de los casos de información relativa a los mecanismos de plano de falla de los terremotos, lo que impide el cálculo de los esfuerzos ocasionados por la marea en dichas fallas. Por tanto, para cumplimentar este segundo objetivo, hemos recurrido a los catálogos de la red sísmica de California NCSN (siglas de Northern California Seismic Network: www.ncedc.org).

Puesto que las componentes del esfuerzo de marea que más significativamente afectan al movimiento de una falla son el esfuerzo normal al plano de falla y el esfuerzo de cizalla en la dirección del deslizamiento de la falla (Xu et al., 2011), el parámetro de estudio utilizado para esta parte del trabajo es la Transferencia de Esfuerzo de Coulomb de Marea (al que denotaremos por TCFS, siglas de Tidal Coulomb Failure Stress), que es una combinación de ambas componentes (Fischer et al., 2006).

Partiendo de los datos de sismos de la red NCSN, se ha elaborado un primer catálogo de terremotos que comprende todos los eventos entre el periodo 01/01/2000 – 12/31/2012. Se ha elegido un periodo de tiempo reciente, y relativamente corto, para que de ese modo los datos sean homogéneos y la magnitud de completitud M_{com} del catálogo

(que se define como la magnitud más baja a partir de la cual el 100% de los terremotos son detectados) sea un número bajo.

Este catálogo se ha sometido después a un minucioso proceso de eliminación de eventos precursores y premonitorios empleando el algoritmo de Reasenberg (1985), a fin de conseguir un catálogo compuesto por terremotos independientes entre sí. A cada evento del catálogo se le ha asignado un ángulo de fase de TCFS mediante un código Fortran basado en el método de Skalský (1991). Para solucionar el problema de la indeterminación del plano de falla se han utilizado únicamente terremotos cuyo ángulo de fase y amplitud de semiciclo es similar en los dos planos posibles de la solución del mecanismo focal. Tanto el programa Fortran como el catálogo final de terremotos utilizado son en sí mismos resultados intermedios de interés, por lo que se incluyen en los Apéndices D y E, respectivamente.

Las conclusiones finales obtenidas, por objetivos, en este trabajo se pueden resumir como sigue:

Objetivo 1:

No hay correlaciones estadísticamente significativas entre la componente coseno del vector residuo final de marea y los fenómenos geodinámicos estudiados en la Península Ibérica: flujo térmico, resistencia de la Litosfera, temperatura en la discontinuidad de Mohorovic, edad tectonotérmica de la Litosfera.

De hecho, al utilizar en los cálculos las observaciones más precisas (eliminando las estaciones de poca calidad e incorporando modelos de marea oceánica más recientes como el FES95 o locales como las cartas Iberia M_2 o IBER01) la correlación obtenida con los parámetros estructurales resulta muy pobre, estando compuesta básicamente por ruido incorrelado.

Los resultados descritos en Fernández et al. (2008) y en esta Tesis Doctoral coinciden con Rydelek et al. (1991), cuyo trabajo sugiere que las grandes incertidumbres asociadas a las mediciones tanto de las mareas gravimétricas como de los parámetros estructurales enmascaran cualquier posible relación entre las primeras y los últimos,

haciendo que cualquier correlación empírica resulte dudosa. Los resultados también coinciden con estudios teóricos (Harrison, 1985; Zürn, 1997) que concluyen que las distorsiones del campo de marea gravimétrica por desviaciones locales, regionales o a gran escala de un modelo homogéneo de Tierra elástica son muy pequeñas y por tanto muy difíciles de detectar.

Objetivo 2:

En este caso, sí se encuentran correlaciones importantes entre el TCFS y los tiempos origen de los terremotos del catálogo de California procedente de la red sísmica Northern California Seismic Network (NCSN). Las correlaciones encontradas se resumen en los tres puntos siguientes:

- i) El conjunto de todos los tipos de falla, y los subconjuntos correspondientes a los tipos de falla de desgarre, normal y normal oblicua, muestran correlaciones estadísticamente significativas entre los tiempos de origen de los terremotos y los valores máximos de TCFS, mientras que los eventos de tipo de falla inversa parecen estar fuertemente correlados con los valores mínimos de TCFS;
- ii) Los terremotos ocurridos durante semiciclos de alta amplitud de TCFS muestran una correlación mucho mayor con las mareas que los eventos ocurridos durante semiciclos de baja amplitud;
- iii) Al separar los terremotos en función de su pertenencia a semiciclos de TCFS altos o bajos, no encontramos ninguna correlación significativa para los eventos de tipo de falla inversa.

Estas correlaciones, que constituyen un nuevo resultado para California, resultan consistentes con el estudio del signo de TCFS realizado en esta Tesis para el catálogo de California, y también con el estudio global del signo de TCFS realizado por Xu et al. (2011) en el que se identificaban (en función de la latitud) los tipos de falla más propensos a ser afectados por el esfuerzo de marea.

En los resultados para California no hay diferencias significativas entre usar un modelo local de mareas que incluya el efecto de la carga oceánica y usar el modelo de marea sólida WDZ en los cálculos de TCFS, puesto que los resultados son muy similares. Esto puede explicarse por el hecho de que los efectos de la carga oceánica disminuyen tierra adentro (Thomas et al., 2012), lo que implicaría que la mayor parte de los eventos del catálogo empleado aquí no se verían afectados de un modo significativo.

Otros estudios en los que no se ha encontrado correlación entre esfuerzo de marea y terremotos (por ejemplo, Vidale et al., 1998) pueden estar afectados por el hecho de utilizar un catálogo de sismos más antiguo y, por tanto, más influido por errores de observación o de medida. Por no mencionar que un cuidadoso proceso de eliminación de réplicas o premonitores mediante un algoritmo adecuado como el de Reasenber (1985) es fundamental para poder partir de la base de un catálogo constituido por eventos independientes entre sí.

Al igual que ocurría en otros estudios que mostraban correlaciones entre mareas y terremotos (Wilcock, 2009; Tanaka et al., 2002; Kansowa and Tatnall, 2010), los conjuntos de eventos utilizados en este trabajo están escasamente poblados en comparación con las cifras consideradas a nivel teórico por Beeler y Lockner (2003) como necesarias para encontrar una correlación, lo cual puede implicar que algunos aspectos de la mecánica de los terremotos no han sido adecuadamente considerados en las simulaciones de laboratorio.

Los resultados presentados en este estudio se consideran obtenidos con un enfoque adecuado, puesto que están basados en el cálculo de TCFS, que es una combinación de las componentes del esfuerzo de marea que más críticamente van a afectar al movimiento de la falla: el esfuerzo normal y el esfuerzo en la dirección del deslizamiento de la falla. Utilizar sólo una de estas componentes implica una limitación en el conocimiento del efecto completo del esfuerzo de marea sobre una falla dada.

No hay estudios previos de correlaciones entre TCFS y terremotos en California que muestren los eventos clasificados según el tipo de falla, por lo que los resultados que aquí se presentan, y que permiten una discusión acerca del comportamiento

de los distintos mecanismos focales en lo que concierne a dichas correlaciones, todo ello complementado con un estudio del signo de TCFS, son también novedosos en ese aspecto.

Entre las **líneas de investigación futura**, que pueden seguirse a partir de las investigaciones realizadas en esta tesis, destacarían las siguientes:

- Utilización para otras regiones del mundo de la metodología descrita en el Capítulo 3 para detectar correlaciones entre la marea y la ocurrencia de terremotos, a fin de comprobar si se siguen obteniendo resultados similares y si se siguen verificando a nivel local o regional los patrones latitudinales globales descritos en Xu et al., 2012.
- Perfeccionamiento de dicha técnica, incorporando la posibilidad de calcular los esfuerzos a la profundidad del foco y no en superficie, con el fin de poder obtener resultados cada vez más precisos.
- Estudio del efecto oceánico en otras zonas, tanto para otros estudios de interpretación de residuos finales de marea gravimétrica, como para evaluar los efectos de la marea oceánica en las correlaciones entre marea y terremotos.

Referencias.

- Abramowitz, M. y Stegun, I.A., editores, 2012. *Handbook of Mathematical Functions: with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables*. Courier Corporation, U.S.A.
- Agnew, D.C., 2015. *Earth Tides*. En: *Treatise on Geophysics: Geodesy*. Herring, T.A., (ed.). Elsevier, New York, pp. 151-177.
- Aki, K. y Richards, P., 2002. *Quantitative Seismology*. University Science Books, 2nd ed., Sausalito, California.
- Andersen, O.B., Egbert, G., Erofeeva, L., Ray, R.D., 2006. *Non-linear tides in shallow water regions from multi-mission satellite altimetry & the Andersen 06 Global Ocean Tide Model*. En: AGU WPGM Meeting, Beijing, China, July.
- Arfken, G., 1985. *The Addition Theorem for Spherical Harmonics*. En: *Mathematical Methods for Physicists*, 3rd edition. Academic Press, Orlando, Florida.
- Arnoso, J., Fernández, J., y Vieira, R., 2001. *Interpretation of tidal gravity anomalies in Lanzarote, Canary Islands*. *J. of Geodynamics*, 31: 341 – 354.
- AVISO, 2011. DT CorSSH and DT SLA Product Handbook, 24 pp., AVISO Altimetry, Ramonville-Saint-Agne, France.

- Badal, J., Corchete, V., Payo, G., Pujades, L., y Canas, J.A., 1996. *Imaging of shear – wave velocity structure beneath Iberia*. Geophys. J. Int., 124: 591 – 611.
- Baker, T.F., 1984. *Tidal deformations of the Earth*. Sci. Prog. Oxf., 69: 197-233.
- Baker, T.F., y Lennon, G.W., 1976. *Spatial coherency and tidal tilts*. En: Proc. 7th Int. Symp. Earth Tides. G. Szàdeczky-Kardoss (ed.). Schweizerbart, Stuttgart, pp. 479-493.
- Baker, T.F., y Bos, M. S., 2003. *Validating Earth and ocean tide models using tidal gravity measurements*. Geophys. J. Int., 152: 468-485.
- Banda, E., 1988. *Crustal parameters in the Iberian Peninsula*. Phys. Earth. Planet. Inter., 51:222–225.
- Beaumont, C., y Berger, J., 1974. *Earthquake Prediction: Modification of Earth Tide Tilts and Strains by Dilatancy*. Geophys. J. R. Astr. Soc. 39: 111-118.
- Beeler, N.M. y Lockner, D.A., 2003. *Why earthquakes correlate weakly with the solid Earth tides: effects of periodic stress on the rate and probability of earthquake occurrence*. J. Geophys. Res., 108 (B8), 2391, doi: 10.1029/2001JB001518.
- Belardinelli, M.E., Cocco, M., Coutant, O., y Cotton, F., 1999. *Redistribution of dynamic stress during coseismic ruptures: Evidence for fault interaction and earthquake triggering*. Journal of Geophysical Research 104, 14925-14945.
- Ben-Menahem, A., y Singh, S.J., 1981. *Seismic Waves and Sources*, Springer-Verlag, New York.
- Benavent, M.T., 2010. *Estudio metodológico del efecto oceánico indirecto y desarrollo de modelos de carga oceánica*. PhD Thesis. Universidad Complutense de Madrid.
- Benavent, M., Arnoso, J., y Montesinos, F.G., 2009. *Regional ocean tide loading modelling around the Iberian Peninsula*. Journal of Geodynamics, 48: 132-137.

- Bonilla, M.G., y Buchanan, J.M., 1970. *Interim report on worldwide historic surface faulting*. Open-file report. U. S. Geological Survey.
- Bowditch, N., y National Imagery and Mapping Agency, 2002. *The American practical navigator: an epitome of navigation*. Paradise Cay Publications, National Imagery and Mapping Agency, USA, 916 pp.
- Bufo, E., Sanz de Galdeano, C., y Udías, A., 1995. *Seismotectonic of the Ibero-Maghrebian region*. Tectonophysics, 248: 247-261.
- Büllesfeld, F., 1985. *Ein Beitrag zur harmonischen Darstellung des gezeitenerzeugenden Potentials*. Deutsche Geodätische Kommission. Reihe C. Heft. Nr. 314.
- Camacho, A.G., de Toro, C. y Vieira, R., 1988. *Cálculo automático de la corrección de marea en la Península Ibérica obtenido a partir de los resultados de la red de mareas gravimétricas*. Publicación del Instituto de Astronomía y Geodesia núm. 161. Instituto de Astronomía y Geodesia (IAG-CSIC-UCM), Madrid, pp. 10-17.
- Camacho, A.G. y Vieira, R., 1990. *Predicción de la corrección de marea en la Península Ibérica*. Física de la Tierra, 2, 87-110.
- Cartwright, D.E., y Tayler, R.J., 1971. *New computations of the tide-generating potential*. Geophys. J. Roy. Astron. Soc., 23: 45-73.
- Cartwright, D.E., y Edden, A.C., 1973. *Corrected tables of tidal harmonics*. Geophys. J. Roy. Astron. Soc., 33: 253-264.
- Cartwright, D.E., y Ray, R.D., 1990. *Oceanic Tides from GEOSAT altimetry*. J. Geophys. Res., 95: 3069-3090.
- Chambat, F., Ricard, Y., y Valette, B., 2010. *Flattening of the Earth: further from hydrostaticity than previously estimated*. Geophys. J. Int., vol. 183, 2: 727-732.

- Chapront, J., Chapront-Touzé, M., y Francou, G., 2002. *A new determination of lunar orbital parameters, precession constant and tidal acceleration from LLR measurements*. Astr. & Astroph. 387: 700 – 709, doi: 10.1051/0004-6361:20020420.
- Chueca, R., 1991. *Método de obtención del efecto oceánico indirecto de pequeños armónicos no considerados en los modelos oceánicos existentes. Aplicación a L_2* . PhD Thesis, Universidad Complutense de Madrid.
- Chueca, R., Ducarme, B., y Melchior, P., 1985. *Preliminary investigation about a quality factor of tidal gravity stations*. Bull. Inf. Marées Terrestres, 94: 6334–6337.
- Cochran, E.S., Vidale, J.E., y Tanaka, S., 2004. *Earth tides can trigger shallow thrust fault earthquakes*. Science, 306: 1164-1166.
- Das, S., y Scholz, C.H., 1981. *Theory of time-dependent rupture in the Earth*. J. Geophys. Res., 86: 6039-6051.
- Dehant, V., 1987. *Tidal parameters for an inelastic Earth*. Phys. Earth Planet. Inter., 49: 97–116.
- Dehant, V., Defraigne, P., y Wahr., J.M., 1999. *Tides for a convective Earth*, J. Geophys. Res., 104: 1035–1058.
- Dieterich, J.H., 1994. *A constitutive law for rate of earthquake production and its application to earthquake clustering*. Journal of Geophysical Research 99: 2601-2618.
- Doodson, A.T., 1921. *The harmonic development of the tide-generating potential*. Proc. Roy. Soc. London A., 100: 305-329.
- Ducarme, B., 2012. *Determination of the main Lunar waves generated by the third degree tidal potential and validity of the corresponding body tides models*. J. Geodyn., 86: 66-75.

- Dziewonski, A., y Anderson, D.L., 1981. *Preliminary Reference Earth Model*. Phys. Earth Planet. Inter., 25: 297-356.
- Eanes, R. J., y Bettadpur, S., 1996. *The CSR3.0 Global Ocean Tide Model: Diurnal and Semi – Diurnal Ocean Tides from TOPEX/POSEIDON Altimetry*. CSR – TM – 96 – 05, The University of Texas Center for Space Research.
- Eckert, W.J., Jones, R., y Clark, H.K., 1954. *Improved lunar ephemeris 1952-1959*. U.S. Govt. Print. Off., 283-363. Washington D.C.
- Egbert, G.D., y Erofeeva, S.Y., 2002. *Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides*. J. Atmos. Oceanic Technol., 19(2): 183-204.
- Emter, D., 1997. *Tidal triggering of earthquakes and volcanic events*. En: Tidal Phenomena, Lect. Notes Earth Sci., vol. 66. Wilhelm, H., et al., (eds.). pp. 293-309. Springer, New York.
- Farrell, W.E., 1972. Deformation of the Earth by surface load. Reviews of Geophysics 10: 761-779.
- Fernández, J., Vieira, R., Díez, J.L. and Toro, C., 1992. *Investigation on crustal thickness, heat flow and gravity tide relationship in Lanzarote Island*. Phys. Earth Planet. Inter., 74: 199-208.
- Fernández, J., Fernàndez, M., Miguelsanz, L., y Camacho, A.G., 2008. *On the interpretation of gravity tide residuals in the Iberian Peninsula*. Journal of Geodynamics, 45: 18-31.
- Fernàndez, M., y Ranalli, G., 1997. *The role of rheology in extensional basin formation modelling*. Tectonophysics, 282: 129-145.
- Fernàndez, M., Marzán, I., Correia, A., y Ramalho, E., 1998. *Heat flow, heat production, and lithospheric thermal regime in the Iberian Peninsula*. Tectonophysics 291: 29-53.

- Fischer, T., Kalenda, P., y Skalský, L., 2006. *Weak tidal correlation of NW-Bohemia/Vogtland earthquake swarms*. Tectonophysics, 424: 259-269.
- Freed, A.M., y Lin, J., 2001. *Delayed triggering of the 1999 Hector Mine earthquake by viscoelastic stress transfer*. Nature, 411: 180-183.
- Fung, Y.C., 1965. *Foundations of Solid Mechanics*. Prentice – Hall International Series in Dynamics. Fung, Y.C., ed., pp. 233-235.
- Gil, E., 2002. *Variaciones temporales del nivel del mar: Aplicaciones Geodésicas, Geofísicas y Oceanográficas*. PhD Thesis. Universidad Complutense de Madrid.
- Gil, A. J., y Sevilla, M.J., 1988. *Determinación Gravimétrica del Geoide a partir de un Modelo de Geopotencial. Estudio Comparativo de Diversos Métodos*. Comunicación presentada en la VI Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Madrid.
- Gilbert, F., y Dziewonski, A.M., 1975. *An application of normal mode theory to the retrieval of structural parameters and source mechanisms from seismic spectra*. Phil. Trans. R. Soc. London. Ser. A, 278: 187-269.
- Grafarend, E.W., 2006. *Linear And Nonlinear Models: Fixed Effects, Random Effects, And Mixed Models*, Walter de Gruyter, Berlin, New York, 2006.
- Groves, G.W., y Reynolds, R.W., 1975. *An orthogonalized convolution method of tide predictions*. J. Geophys. Res., 80: 4131-4138.
- Gross, R.S., 2000. *The excitation of the Chandler wobble*. Geophys. Res. Lett., vol. 27, 15: 2329-2332.
- Groten, E., 1980. *Geodesy and the Earth's gravity field. Vol II: Geodynamics and advanced methods*. Dümmler, Bonn, 315 pp.
- Gulia L., Wiemer, S., y Wyss, M., 2012. *Catalog artifacts and quality controls*. Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis, doi: 10.5078/corssa-93722864. Available at <http://www.corssa.org>.

- Gutenberg, B., y Richter, C.F., 1936. *Magnitude and Energy of Earthquakes*. Science 83 (2147): 183–185.
- Gwinn, C.R., Herring, T.A., y Shapiro, I.I., 1986. *Geodesy by radio interferometry: Studies of the forced nutations of the Earth, 2, Interpretation*. J. Geophys. Res., 91: 4755-4765.
- Harrison, J.C. (ed.), 1985. *Earth Tides*. En: Benchmark Papers in Geology Series. pp. 1 – 419. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Hartzell, St., y Heaton, T.H., 1989. *The fortnightly tide and the tidal triggering of earthquakes*. Bull. Seism. Soc. Am., 79: 1282-1286.
- Heaton, T.H., 1982. *Tidal triggering of earthquakes*. Bull. Seism. Soc. Am., 72: 2181-2200.
- Heiskanen, W.A., y Moritz, H., 1967. *Physical Geodesy*. W.H. Freeman and Company. San Francisco and London.
- Herrin, E., y Taggart, J., 1962. *Regional variations in P_n velocity and their effect on the location of epicentres*. Bull. Seismol. Soc. Am., 52: 1037-1046.
- Jeligovski, V. A., Melchior, P., y Sadovskii, A. H., 1988. *Anomalies de marées, flux thermique et séismicité*. Probl. Seismol. Informatiki, Moscou, 21: 32-37.
- Jentzsch, G., 1997. *Earth Tides and Ocean Tidal Loading*. En : Tidal Phenomena, Lecture Notes in Earth Sciences, 66. Wilhelm, H., Zürn, W., y Wenzel, H.G. (Eds.). Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 145-172.
- Kagan, Y.Y., 2005. *Double-couple earthquake focal mechanism: random rotation and display*. Geophys. J. Int., 163: 1065-1072.
- Kanamori, H., y Anderson, D.L., 1975. *Theoretical basis of some empirical relations in seismology*. Bull. Seismol. Soc. Am., 65: 1073-1095.

- Kansowa, T., y Tatnall, A., 2010. Earth tides and earthquake, En: Proceedings of 'Fringe 2009', ESRIN, Frascati, Italy, 30 November – 4 December 2009 (ESA SP-677, March 2010), ESA Communications, ESTEC, H. Lacoste-Francis (ed.). Noordwijk, The Netherlands.
- King, G.C.P., Stein, R.S., y Lin, J., 1994. *Static stress changes and the triggering of earthquakes*. Bull. Seismol. Soc. Am. 84: 935-953.
- Klein, F.W., 1976. *Earthquake swarms and the semidiurnal solid earth tides*. Geophys. J. R. Astr. Soc., 45: 245-295.
- Kudryavtsev, S.M., 2004. *Improved harmonic development of the Earth tide-generating potential*. J. of Geodesy, 77: 829-838.
- Lambert, A., Kao, H., Rogers, G., y Courtier, N., 2009. *Correlation of tremor activity with tidal stress in the northern Cascadia subduction zone*. Journal of Geophysical Research 114, B00A08, doi:10.1029/2008JB006038.
- Landau, L.D., y Lifshitz, E.M., 1959. *Theory of Elasticity*. London, Pergamon.
- Lay, T., y Wallace, T.C., 1995. *Modern Global Seismology*. Academic Press. USA.
- Lefèvre, F., Lyard, F., y Le Provost, C., 2000. *FES98: a new global tide finite element solution independent of altimetry*. Geophys. Res. Lett., 27: 2717-2720.
- Lefèvre, F., Lyard, F., Le Provost, C., y Schrama, E.J.O., 2002. *FES99: a global tide finite element solution assimilating tide gauge and altimetric information*. J. Atmos. Oceanic Technol., 19: 1345-1356.
- Le Provost, C., Genco, M.L., Lyard, F., Vincent, P., y Canceil, P., 1994. *Tidal spectroscopy of the world ocean tides from a finite element hydrodynamic model*. J. Geophys. Res., 99: 24777-24798.

- Le Provost, C., Lyard, F., Molines, J. M., Genco, M. L., y Rabilloud, F., 1998. *A hydrodynamic ocean tide model improved by assimilating a satellite altimeter derived data set*. J. Geophys. Res., 103: 5513-5529.
- Le Provost, C., Lyard, F., Lefevre, F., y Roblou, L., 2002. *FES 2002 – a new version of the FES tidal solution series*. Abstract Volume Jason-1 Science Working Team Meeting, vol. 528, Biarritz, France.
- Lockner, D.A., 1998. *A generalized law for brittle deformation of Westerly granite*. J. Geophys. Res., 103: 5107-5123.
- Love, A.E.H., 1909. *The yielding of the Earth to disturbance forces*. Proc. R. Soc. London, 82: 73-88.
- Lyard, F., Lefevre, F., Letellier, T., y Francis, O., 2006. *Modelling the global ocean tides: modern insights from FES2004*. Ocean Dynamics 56: 394-415.
- Lynch, H.D., y Morgan, P., 1990. *Finite element models of continental extension*. Tectonophysics, 174: 115-135.
- Mantovani, M.S.M., Shukowsky, W., de Freitas, S.R.C., y Brito Neves, B.B., 2005. *Lithosphere mechanical behavior inferred from tidal gravity anomalies: a comparison of Africa and South America*. Earth Planet. Sci. Lett., 230: 397-412.
- Martínez-Díaz, J.J., Capote, R., Tsige, M., Villamor, P., Martín-González, F., y Insua-Arévalo, J.M., 2006. *Seismic triggering in a stable continental area: The Lugo 1995-1997 seismic sequences (NW Spain)*. Journal of Geodynamics, 41, 440-449.
- Mathews, P.M., 1998. *Tidal Models*. En: Proc. 13th Int. Symp. Earth Tides. Ducarme, B., y Paquet, P. (eds.). Bruxelles, pp. 253-259.
- Mathews, P.M., Herring, T.A., y Buffett, B.A., 2002. *Modeling of nutation and precession: New nutation series for nonrigid Earth and insights into the Earth's interior*. J. Geophys. Res., 107(B4), 2068.

- Matsumoto, K., Takanezawa, T., y Ooe, M., 2000. *Ocean tide models developed by assimilating TOPEX/POSEIDON altimeter data into hydrodynamical model: A global model and a regional model around Japan*. J. Oceanography, 56: 567-581.
- McCarthy, D.D., y Petit, G. (Eds.), 2003. *IERS Conventions 2003*. IERS Techn. Note 32, Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main 2004.
- Medvedev, S.V., Sponheuer, W., y Karnik, V., 1967. *Instruction concerning the Scale of Seismic Intensity MSK-64*. Jena.
- Melchior, P., 1983. *The tides of the planet Earth*. Pergamon, Oxford, 2^a ed.
- Melchior, P., 1994a. *A new data bank for tidal gravity measurements (DB 92)*. Phys. Earth Planet. Inter., 82: 125-155.
- Melchior, P., 1994b. *Checking and correcting the tidal gravity parameters of the ICET Data Bank*. Bull. Inf. Marées Terrestres, 119, 8899-8936.
- Melchior, P., 1995. *A continuing discussion about the correlation of tidal gravity anomalies and heat flow densities*. Phys. Earth Planet. Inter., 88: 223-256.
- Melchior, P., y De Becker, M., 1983. *A discussion of worldwide measurements of tidal gravity respect to oceanic interactions, lithosphere heterogeneities, Earth flattening and inertial forces*. Phys. Earth Planet. Inter., 31: 27-53.
- Melchior, P., Ducarme, B., Van Ruymbeke, M., y De Becker, M., 1984. *Interactions between oceanic and gravity tides, as analysed from world-wide Earth tide observations and ocean models*. Marine Geod. Res., 7: 77-91.
- Melchior, P., Ducarme, B., y De Becker, M., 1986. *Corrélation entre le flux de chaleur et les déformations radiales de marée terrestre en Afrique*. INQUA, Dakar Symposium, Changements globaux en Afrique, pp. 305-308.
- Melchior, P., y Francis, O., 1986. *Comparison of recent ocean tide models using ground – based tidal gravity measurements*. Marine Geodesy, 19: 291-330.

- Melchior, P., y Ducarme, B., 1991. *Tidal gravity anomalies and tectonics*. En: Proceedings 11th International Symposium on Earth Tides. Kakkuri, J., (ed.), Helsinki, pp. 445-454.
- Métivier, L., de Viron, O., Conrad, C.P., Renault, S., Diamant, M., y Patau, G., 2009. *Evidence of earthquake triggering by the solid earth tides*. Earth Planet. Sci. Lett., 278: 370-375, doi:10.1016/j.epsl.2008.12.024.
- Mignan, A., y Woessner, J., 2012. Estimating the magnitude of completeness for earthquake catalogs. Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis, doi: 10.5078/corssa-00180805. Disponible en <http://www.corssa.org>.
- Molodenskii, S.M., y Kramer, M.V., 1980. *The influence of large-scale horizontal inhomogeneities in the mantle on earth tides*. Bull. Acad. Sci. USSR, Earth Phys., 16: 1-11.
- Morgan, P., y Fernàndez, M., 1992. *Neogene vertical movements and constraints on extension in the Catalan Coastal Ranges, Iberian Peninsula, and the Valencia trough (western Mediterranean)*. Tectonophysics, 203: 185-201.
- Moritz, H., 1980. *Advanced Physical Geodesy*. Herbert Wichmann Verlag, (ed.), Karlsruhe, Germany, 500 pp.
- Moritz, H., 2000. *Geodetic Reference System 1980*. J. Geod., 74(1): 128-162, doi:10.1007/S001900050278.
- Munk, W.H., y Cartwright, D.E., 1966. *Tidal spectroscopy and prediction*. Phil. Trans. R. Soc. A, 259(1105): 553-581.
- Neuberg, J., Hinderer, J., y Zürn, W., 1987. *Stacking gravity tide observations in central Europe for the retrieval of the complex eigenfrequency of the nearly diurnal free wobble*. Geophys. J. R. Astron. Soc., 91: 853-868.

- Newton, I., 1687. *Philosophiæ naturalis principia mathematica*. Jussu Societatis Regiæ ac Typis Joseph Streater, Londini, England.
- Peña, D. (2000). *Estadística. Modelos y métodos. 2, Modelos lineales y series temporales*, Alianza, Madrid.
- Petit, G., y Luzum, B. (Eds.), 2010. *IERS Conventions 2003. IERS Techn. Note 36*. Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main 2010.
- Plag, H.P., 1985. *Temporal variations of ocean tides*. En: Proceedings Tenth International Symposium on Earth Tides. Vieira, R. (Ed.). Consejo Sup. Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 595-608.
- Prejean, S., Ellsworth, W., Zoback, M., y Waldhauser, F., 2002. *Fault structure and kinematics of the Long Valley Caldera region, California, revealed by high-accuracy earthquake hypocenters and focal mechanism stress inversions*. Journal of Geophysical Research 107 (B12), 2355, doi: 10.1029/2001JB001168.
- Press, W.H., Flannery, B.P., Teukolsky, S.A., y Vetterling, W.T., 1992. *Numerical Recipes in Fortran 77 – The Art of Scientific Computing*. Cambridge Univ. Press, New York, USA, doi: 10.2277/052143064X.
- Press, W. H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., y Flannery, B.P., 2007. *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing*, 3ª ed., Cambridge Univ. Press, New York, USA.
- Pugh, D.T., 1996. *Tides, surges and mean sea-level (reprinted with corrections)*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, 486 pp.
- Ranalli, G., 1995. *Rheology of the Earth*. Chapman and Hall, London, 2ª ed., 413 pp.
- Ray, R.D., 1999. *A global ocean tide model from TOPEX/POSEIDON altimetry: GOT99*. NASA Tech. Mem. 209478, Goddard Space Flight Centre, Greenbelt, MD, USA.

- Reasenber, P., 1985. *Second-Order Moment of Central California Seismicity, 1969-1982*. J. Geophys. Res., 90: 5479-5495.
- Reid, H.F., 1910. *The mechanics of the Earthquake*. En: The California Earthquake of April 18, 1906, Report of the State Earthquake Investigation Comission, Carnegie Institution (Washington, USA), Vol. 2, pp. 1-192.
- Robinson, E.S., 1989. *Tidal gravity, heat flow and the upper crust*. Phys. Earth Planet. Inter., 56: 181-185.
- Robinson, E.S., 1991. *Correlation of tidal gravity and heat flow in eastern North America*. Phys. Earth Planet. Inter., 67: 231-236.
- Robinson, E. S., 1993. *On tidal gravity, heat flow and lateral heterogeneities – Comment*. Phys. Earth Planet. Inter., 76: 343-346.
- Roosbeek, F., 1996. *RATGP95: a harmonic development of the tide-generating potential using an analytical method*. Geophys. J. Int., 126: 197-204.
- Rubinstein, J.L., La Rocca, M., Vidale, J.E., Creager, K.C., y Wech, A.G., 2008. *Tidal modulation of nonvolcanic tremor*. Science 319: 186-189.
- Rydelek, P.A., Davis, P.M., y Koyanagi, R.Y., 1988. *Tidal triggering of earthquake swarms at Kilauea volcano, Hawaii*. J. Geophys. Res., 93: 4401-4411.
- Rydelek, P.A., Zürn, W., y Hinderer, J., 1991. *On tidal gravity, heat flow and lateral heterogeneities*. Phys. Earth Planet. Inter., 68: 215-229.
- Schuster, A., 1897. *On lunar and solar periodicities of earthquakes*. Proc. R. Soc. London, 61: 455-465.
- Schwiderski, E., 1980a. *Global ocean tides V. The diurnal principle lunar tide (O1)*. Atlas of tidal charts and maps, NSWC, Dahlgren.
- Schwiderski, E., 1980b. *On charting global ocean tides*. Rev. Geophys. Space Phys., 18: 243-268.

- Shida, T., 1912. *On the elasticity of the earth and the earth's crust*. Memoirs of the College of Science and Engineering. Kyoto Imperial University, 4: 1-286.
- Shirley, J.H., 1988. *Lunar and solar periodicities in large earthquakes: Southern California and the Alaska-Aleutian Islands seismic region*. Geophys. J., 92: 403-420.
- Shukowsky, W., y Mantovani, M.S.M., 1999. *Spatial variability of tidal gravity anomalies and its correlation with the effective elastic thickness of the lithosphere*. Phys. Earth Planet. Int., 114: 81-90.
- Simpson, J.F., 1967. *Earth tides as a triggering mechanism for earthquakes*. Earth Planet. Sci. Lett., 2: 473-478.
- Skalský, L., 1991. Calculation of theoretical values of the tidal strain components with respect to their practical use, en: Proceedings from Seminar "Advances in gravimetry", December 10-14, 1990, Smolenice, Geophysical Institute, Slovak academy of sciences, pp. 179-184, Bratislava.
- Slaughter, W.S., 2002. *The Linearized Theory of Elasticity*. Springer Science & Business Media, 543 pp.
- Smith, A.J.E., 1999. *Application of Satellite Altimetry for Global Ocean Tide Modeling*. PhD. Tesis, Delf Univ. Press, Delf, The Netherlands.
- Smith, S.W., y Sammis, C.G., 2002. *Revisiting the tidal activation of seismicity with a Damage Mechanics and friction point of view*. 3rd ACES Workshop Proceedings, Mani, Hawaii, pp. 327-332.
- Snay, R.A., y Soler, T., 2000. Part 3 - WGS 84 and ITRS. Professional Surveyor, 20(3), 24, 26, 28.
- Sonder, L.J., y England, P.C., 1986. Vertical averages of rheology of the continental lithosphere: Relation to thin sheet parameters. Earth Planet. Sci. Lett., 77: 81-90.

- Souriau, A., y Pauchet, H., 1998. *A new synthesis of Pyrenean seismicity and its tectonic implications*. Tectonophysics 290: 221-244.
- Standish, E.M., 1998. *JPL planetary and lunar ephemerides DE405/LE405*. JPL Inter Office Memorandum 312.F-98-048, Pasadena.
- Stroud, K.A., 1982. *Engineering Mathematics*. Macmillan Publishers LTD, 2nd edition. London and Basingstoke.
- Tamura, Y, 1987. *A Harmonic Development of the Tide-Generating Potential*. Bulletin d'Informations Marees Terrestres 99: 6813-6855.
- Tanaka, S., 2010. *Tidal triggering of earthquakes precursory to the recent Sumatra megathrust earthquakes of 26 December 2004 (Mw 9.0), 28 March 2005 (Mw 8.6), and 12 September 2007 (Mw 8.5)*. Geophys. Res. Letters, 37, L02301, doi:10.1029/2009GL041581.
- Tanaka, S., Ohtake, M., y Sato, H., 2002. *Evidence for tidal triggering of earthquakes as revealed from statistical analysis of global data*. J. Geophys. Res., 107, 2211.
- Tesauro, M., Audet, P., Kaban, M.K., Bürgmann, R., y Cloetingh, S., 2012. *The effective elastic thickness of the continental lithosphere: Comparison between rheological and inverse approaches*. Geochem. Geophys. Geosyst., 13, Q09001, doi:10.1029/2012GC004162.
- Thomas, A.M., Nadeau, R.M., y Bürgmann, R., 2009. *Tremor-tide correlations and near-lithostatic pore pressure on the deep San Andreas fault*. Nature 462: 1048-1051, doi:10.1038/nature08654.
- Thomas, A.M., Bürgmann, R., Shelly, D.R., Beeler, N.M., y Rudolph, M.L., 2012. *Tidal triggering of low frequency earthquakes near Parkfield, California: Implications for fault mechanics within the brittle-ductile transition*. Journal of Geophysical Research 117, B05301, doi: 10.1029/2011JB009036.

- Toda, S., Stein, R.S., Reasenber, P.A., Dieterich, J.H., y Yoshida, A., 1998. *Stress transferred by the 1995 $M_w = 6.9$ Kobe, Japan, shock: Effect on aftershocks and future earthquake probabilities*. Journal of Geophysical Research 103: 24543-24565.
- Torné, M., Fernández, M., Comas, M.C., y Soto, J.I., 2000. *Lithospheric strcuture beneath the Alboran basin: Results from 3D gravity modelling and tectonic relevance*. J. Geophys. Res., 105: 3209-3228.
- de Toro, C., 1989. *Determinación y evaluación de las variaciones periódicas de la gravedad y de las desviaciones de la vertical en la Península Ibérica producidas por las mareas oceánicas*. PhD Thesis, Universidad Complutense de Madrid, 378 pp.
- Tsuruoka, H., Ohtake, M., y Sato, H., 1995. *Statistical test of the tidal triggering of earthquakes: Contribution of the ocean tide loading effect*. Geophys. J. Int., 122: 183-194.
- Uhrhammer, R., 1986. *Characteristics of northern and southern California seismicity*. Earthquake Notes 57, 21.
- Udías, A., 1999. *Principles of Seismology*. Cambridge University Press, UK.
- Udias, A., y Mezcuca, J., 1997. *Fundamentos de Geofísica*. Ed. Alianza Universidad, España, 480 pp.
- van Stiphout, T., Zhuang, J., y Marsan, D., 2012. *Seismicity declustering*. Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis, doi: 10.5078/corssa-52382934. Disponible en <http://www.corssa.org>.
- Vera, J.A. (editor), 2004. *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 890 pp.
- Vergés, J., y Fernàndez, M., 2006. *Mountain Ranges and Basins in the Iberian Peninsula*. En: European Lithosphere Dynamics, Vol. 32. Gee, D., y Stephenson, R. (eds.). Geological Society London Memoir, pp. 223-234.

- Vidale, J.E., Agnew, D.C., Johnston, M.J.S., y Oppenheimer, D.H., 1998. *Absence of earthquake correlation with Earth tides: an indication of high preseismic fault stress rate*. J. Geophys. Res., 103: 24567-24572.
- Vieira, R., Toro, C., y Megias, E., 1985a. *Ocean tides in the nearby of the Iberian Peninsula. Part I: M2 Iberia Map*. En: Proceedings Tenth International Symposium on Earth Tides. Vieira, R., (ed.). Consejo Sup. Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 679-695.
- Vieira, R., Toro, C., y Fernández, J., 1985b. *Ocean tides in the nearby of the Iberian Peninsula. Part II: S2 Iberia Map*. En: Proceedings Tenth International Symposium on Earth Tides. Vieira, R., (ed.). Consejo Sup. Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 697-706.
- Wahr, J.M., 1981. *Body tides on an elliptical, rotating, elastic and oceanless earth*. Geophys. J. R. Astron. Soc., 64: 677-703.
- Wang, R., 1991. *Tidal deformations on a rotating, spherically asymmetric, visco-elastic and laterally heterogeneous Earth*. PhD thesis, European University Studies, Series XVII, Earth Sciences, Vol. 5, Peter Lang, Frankfurt am Main, p. 139.
- Wilcock, W.S.D., 2009. *Tidal triggering of earthquakes in the Northeast Pacific Ocean*. Geophys. J. Int., vol. 179: 1055 – 1070, doi:10.1111/j.1365-246X.2009.04319.x.
- Wonnacot, T.H., y Wonnacot, R.J., 1977. *Introductory Statistics*, Wiley, New York.
- Wood, H.O., y Neumann, F., 1931. *Modified Mercalli Intensity Scale of 1931*. Seismological Society of America Bulletin, 21, 4, 277-283
- Xu, Y-J., Wu, X-P., Yan, C-H., Huang, Y., Wang, Y., y Li, T., 2011. The Tidal Coulomb Failure Stresses on Various Kinds of Seismic Fault. Chinese Journal of Geophysics 54: 197–206, doi: 10.1002/cjg2.1601.

- Yanshin, A. L., Mechior, P., Keilis – Borok, V.I., De Becker, M., Ducarme, B., y Sadovsky, A. M., 1986. *Global distribution of tidal anomalies and an attempt of its geotectonic interpretation*. En: Proceedings 10th International Symposium on Earth Tides. Vieira, R., (ed.). Madrid, pp. 731 – 755.
- Young, D., y Zürn, W., 1979. *Tidal triggering of earthquakes in the Swabian Jura?* J. Geophys., 45: 171-182.
- Zahran, K.H., 2000. *Accuracy assessment of Ocean Tide loading computations for precise geodetic observations*. PhD thesis, Universität Hannover.
- Zetler, B.D., 1982. *State of the Art in Tide Predictions*. En: Coastal Engineering, Conference held under the auspices of the Coastal Engineering Research Council. NY: American Society of Civil Engineers. Edge, B.L. (ed.), New York, pp. 192-202.
- Zeyen, H., y Fernàndez, M., 1994. *Integrated lithospheric modeling combining thermal, gravity and local isostasy analysis: Application to the NE Spanish Geotranssect*. J. Geophys. Res., 99: 18089-18102.
- Zschau, J., y Wang, R., 1987. *Imperfect elasticity in the Earth's mantle. Implications for Earth tides and long period deformations*. En: Proceedings of the 9th International Symposium on Earth Tides, New York 1987. Kuo, J.T. (ed.), Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp. 605-629.
- Zürn, W., 1997. *Earth tide observations and interpretation*. En: Tidal Phenomena, Lecture Notes in Earth Sciences. Wilhelm, H., Zürn, W., y Wenzel, H.-G. (Eds.), 66: 77-94.
- Zürn, W., Beaumont, C., y Slichter, L.B., 1976. *Gravity tides and ocean loading in southern Alaska*. J. Geophys. Res., 81: 4923-4932.

APÉNDICES

A. Series de Legendre.

Los polinomios de Legendre son las soluciones de la ecuación diferencial de Legendre (Abramowitz y Stegun, 2012)

$$\frac{d}{dx} \left((1-x^2) \frac{dy}{dx} \right) + n(n+1)y = 0, \quad [\text{A.1}]$$

cuando n es un número entero no negativo. Los polinomios $P_n(x)$ de grado n pueden expresarse de acuerdo a la fórmula de Rodrigues (Abramowitz y Stegun, 2012):

$$P_n(x) = \frac{1}{2^n n!} \frac{d^n}{dx^n} (x^2 - 1)^n. \quad [\text{A.2}]$$

Manteniendo la misma notación que en la Sección 1.1 de la memoria, si $r \leq d$ y

$$l = \left(1 + \left(\frac{r}{d} \right)^2 - 2 \left(\frac{r}{d} \right) \cos z \right)^{1/2}, \quad [\text{A.3}]$$

entonces $1/l$ es una función generadora de polinomios de Legendre, satisfaciéndose que

$$\frac{1}{l} = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{r}{d} \right)^n P_n(\cos z). \quad [\text{A.4}]$$

Los primeros polinomios de Legendre son los siguientes (Abramowitz y Stegun, 2012):

$$P_0(x) = 1, \quad [\text{A.5}]$$

$$P_1(x) = x, \quad [\text{A.6}]$$

$$P_2(x) = \frac{1}{2}(3x^2 - 1), \quad [\text{A.7}]$$

$$P_3(x) = \frac{1}{2}(5x^3 - 3x), \quad [\text{A.8}]$$

$$P_4(x) = \frac{1}{8}(35x^4 - 30x^2 + 3). \quad [\text{A.9}]$$

Algunas sumas interesantes de los polinomios de Legendre son las siguientes (Abramowitz y Stegun, 2012):

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n(\cos z) = \frac{1}{2 \operatorname{sen} \left(\frac{z}{2} \right)}, \quad [\text{A.10}]$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} n P_n(\cos z) = -\frac{1}{4 \operatorname{sen} \left(\frac{z}{2} \right)}, \quad [\text{A.11}]$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{n} \right) P_n(\cos z) = -\log \left[\operatorname{sen} \left(\frac{z}{2} \right) + \operatorname{sen}^2 \left(\frac{z}{2} \right) \right], \quad [\text{A.12}]$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\partial P_n(\cos z)}{\partial z} = -\frac{\cos\left(\frac{z}{2}\right)}{4\operatorname{sen}^2\left(\frac{z}{2}\right)}, \quad [\text{A.13}]$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \frac{\partial P_n(\cos z)}{\partial z} = -\frac{\cos\left(\frac{z}{2}\right)\left(1+2\operatorname{sen}\left(\frac{z}{2}\right)\right)}{2\operatorname{sen}\left(\frac{z}{2}\right)\left(1+\operatorname{sen}\left(\frac{z}{2}\right)\right)}. \quad [\text{A.14}]$$

Análogamente, los polinomios asociados de Legendre $P_n^m(x)$ y $P_n^{-m}(x)$ son las soluciones de la ecuación diferencial de Legendre asociada (Abramowitz y Stegun, 2012)

$$(1-x^2)\frac{d^2y}{dx^2} - 2x\frac{dy}{dx} + \left(n(n+1) - \frac{m^2}{1-x^2}\right)y = 0, \quad [\text{A.15}]$$

siendo n un entero no negativo y m un entero que satisface $0 \leq m \leq n$. Cuando el orden es $m = 0$ estos polinomios son idénticos a los polinomios de Legendre $P_n(x)$ de grado n . Para orden $m > 0$ podemos definirlos a partir de las derivadas de los polinomios de Legendre ordinarios del modo siguiente:

$$P_n^m(x) = (-1)^m (1-x^2)^{m/2} \frac{d^m}{dx^m} (P_n(x)). \quad [\text{A.16}]$$

Y para orden negativo podemos valerlos de la siguiente equivalencia:

$$P_n^{-m}(x) = (-1)^m \frac{(n-m)!}{(n+m)!} P_n^m(x). \quad [\text{A.17}]$$

Los primeros polinomios asociados de Legendre son los siguientes (Abramowitz y Stegun, 2012):

$$P_0^0(x) = 1, \quad [\text{A.18}]$$

$$P_1^{-1}(x) = -\frac{1}{2}P_1^1(x), \quad [\text{A.19}]$$

$$P_1^0(x) = x, \quad [\text{A.20}]$$

$$P_1^1(x) = -(1-x^2)^{1/2}, \quad [\text{A.21}]$$

$$P_2^{-2}(x) = \frac{1}{24}P_2^2(x), \quad [\text{A.22}]$$

$$P_2^{-1}(x) = -\frac{1}{6}P_2^1(x), \quad [\text{A.23}]$$

$$P_2^0(x) = \frac{1}{2}(3x^2 - 1), \quad [\text{A.24}]$$

$$P_2^1(x) = -3x(1-x^2)^{1/2}, \quad [\text{A.25}]$$

$$P_2^2(x) = 3(1-x^2). \quad [\text{A.26}]$$

B. Factores de calidad y calibraciones.

Todos los archivos del ICET muestran las desviaciones típicas de las bandas diurnas (D) y semidiurnas (S) para cada estación. Según Chueca (1991), estos valores reflejan distintos tipos de errores, incluyendo calibración, razón señal/ruido y sensibilidad instrumental a perturbaciones externas tales como presión atmosférica y temperatura. Chueca et al. (1985) emplean estas desviaciones típicas D y S para definir dos factores de calidad para cada serie de observaciones, reflejando tanto los errores internos como la eficiencia de la estación:

$$Q_1 = \frac{10R}{\sqrt{D \cdot S}}(1 + P),$$
$$Q_2 = \frac{R}{\sqrt{E(O_1) \cdot E(M_2)}},$$
[B.1]

siendo R = eficiencia de la estación = (número de lecturas/24 x intervalo de tiempo en días); D = desviación típica de la banda diurna; S = desviación típica de la banda semidiurna; $E(O_1)$ = error medio cuadrático para la amplitud estimada de O_1 ; $E(M_2)$ = error medio cuadrático para la amplitud estimada de M_2 ; P = peso de la serie, que es 0 si no hay separación en el grupo de ondas $P_1S_1K_1$, y 1 si el grupo de ondas P_1 está separado de S_1K_1 .

Los factores de calidad dependen en gran medida del tipo de instrumento utilizado. En la Tabla 2.4 del Capítulo 2 mostramos las medias globales Q_1 y Q_2 para distintos tipos

de gravímetros (según Chueca 1991). Los valores más bajos son para los instrumentos Askania 11 y Askania 12, con factores de calidad $Q_1=0.9$ y $Q_2=3.2$, mientras que los valores más altos los alcanzan los gravímetros superconductores, con factores de calidad por encima de 100.0.

C. Método de Skalský de cálculo de deformaciones lineales de marea.

Sea (P, x, y, z) un sistema de coordenadas rectangulares centrado en un punto de estudio P , con el eje z paralelo al radio vector \vec{r} que conecta P con el centro de la Tierra O (positivo hacia arriba) y los ejes x e y en un plano perpendicular a z (x positivo hacia el Sur e y positivo hacia el Este).

La deformación por marea $d(\vec{s})$, en una dirección concreta \vec{s} , definida por un acimut A (medido desde el Norte en el sentido de las agujas del reloj) y un ángulo de elevación ε (medido desde el plano del horizonte, positivo hacia arriba) viene dada por la relación (Skalský, 1995):

$$\begin{aligned} d(\vec{s}) \equiv d(A, \varepsilon) = & e_{\theta\theta} \cos^2 \iota_x + e_{\lambda\lambda} \cos^2 \iota_y + e_{rr} \cos^2 \iota_z + e_{r\theta} \cos \iota_x \cos \iota_z + \\ & + e_{\theta\lambda} \cos \iota_x \cos \iota_y + e_{\lambda r} \cos \iota_y \cos \iota_z. \end{aligned} \quad [\text{C.1}]$$

En esta expresión, $\cos \iota_x$, $\cos \iota_y$ y $\cos \iota_z$ son los cosenos directores de \vec{s} en el sistema de coordenadas rectangulares (P, x, y, z) . Pueden calcularse a partir de las variables A , ε que definen la dirección \vec{s} , así como de la diferencia $\Delta\phi = \phi - \mathcal{G}$ entre la latitud geográfica ϕ y la latitud geocéntrica \mathcal{G} del punto P . Concretamente, (Skalský, 1995)

$$\begin{cases} \cos \iota_x = -\cos \Delta\phi \cos A \cos \varepsilon - \sin \Delta\phi \sin \varepsilon, \\ \cos \iota_y = \sin A \cos \varepsilon, \\ \cos \iota_z = \cos \Delta\phi \sin \varepsilon - \sin \Delta\phi \cos A \cos \varepsilon. \end{cases} \quad [\text{C.2}]$$

Tanto la latitud geocéntrica \mathcal{G} como el módulo del radio vector \bar{r} pueden obtenerse de las relaciones (Skalský, 1995)

$$\begin{cases} \left(\frac{r}{a}\right) \cos \mathcal{G} = \left((1 - e^2 \sin^2 \phi)^{-1/2} + \left(\frac{h}{a}\right) \right) \cos \phi, \\ \left(\frac{r}{a}\right) \sin \mathcal{G} = \left((1 - e^2)(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{-1/2} + \left(\frac{h}{a}\right) \right) \sin \phi, \end{cases} \quad [\text{C.3}]$$

donde h es la altitud del punto P sobre el nivel del mar; a es el semieje mayor del elipsoide de referencia utilizado y e^2 es la excentricidad. Para el Geodetic Reference System de 1980 (Moritz, 2000) los valores son $a = 6378137$ m, $e^2 = 6.6943800229 \cdot 10^{-3}$. Por último, las componentes $e_{\theta\theta}, e_{\lambda\lambda}, e_{rr}, e_{r\theta}, e_{\theta\lambda}, e_{\lambda r}$ del tensor de deformación pueden calcularse a partir de las relaciones (Skalský, 1995):

$$e_{\theta\theta} = \sum_n \left\{ G_{n,m} \sum_i \left[(H_{n,i} + L_{n,i} G''_{n,m}) K_{i,t_0} \cos(\Phi_{i,t_0} + \omega_{i,t_0} \Delta t) \right] \right\}, \quad [\text{C.4}]$$

$$e_{\lambda\lambda} = \sum_n \left[G_{n,m} \sum_i \left\{ \left[H_{n,i} - L_{n,i} \left(\frac{m}{\cos \mathcal{G}} \right)^2 + G'_{n,m} \tan \mathcal{G} \right] K_{i,t_0} \cos(\Phi_{i,t_0} + \omega_{i,t_0} \Delta t) \right\} \right], \quad [\text{C.5}]$$

$$e_{rr} = \sum_n \left\{ G_{n,m} \sum_i \left[(nH_{n,i} + H'_{n,i}) K_{i,t_0} \cos(\Phi_{i,t_0} + \omega_{i,t_0} \Delta t) \right] \right\}, \quad [\text{C.6}]$$

$$e_{r\theta} = -\sum_n \left[G_{n,m} G'_{n,m} \sum_i \left\{ \left[H_{n,i} + (n-1)L_{n,i} + L'_{n,i} \right] K_{i,t_0} \cos(\Phi_{i,t_0} + \omega_{i,t_0} \Delta t) \right\} \right], \quad [\text{C.7}]$$

$$e_{\theta\lambda} = \sum_n \left\{ \left(2m / \cos \mathcal{G} \right) G_{n,m} (G'_{n,m} + \tan \mathcal{G}) \sum_i \left[L_{n,i} K_{i,t_0} \sin(\Phi_{i,t_0} + \omega_{i,t_0} \Delta t) \right] \right\}, \quad [\text{C.8}]$$

$$e_{\lambda r} = - \sum_n \left[\left(\frac{m}{\cos \vartheta} \right) G_{n,m} \sum_i \left\{ \left[H_{n,i} + (n-1)L_{n,i} + L'_{n,i} \right] K_{i,t_0} \sin(\Phi_{i,t_0} + \omega_{i,t_0} \Delta t) \right\} \right]. \quad [C.9]$$

En estas fórmulas, n y m son, respectivamente, el grado y el orden de los términos del potencial de marea o de las funciones esféricas utilizadas. Las funciones $G_{n,m}$, $G'_{n,m}$ y $G''_{n,m}$ son funciones geodésicas definidas por las expresiones (Skalský, 1995)

$$\begin{cases} G_{n,m} = D_a K_{n,m} r^{n-1} Q_{n,m} / (ga^n), \\ G'_{n,m} = (\partial Q_{n,m} / \partial \vartheta) / Q_{n,m}, \\ G''_{n,m} = (\partial^2 Q_{n,m} / \partial \vartheta^2) / Q_{n,m}, \end{cases} \quad [C.10]$$

donde D_a es la constante de Doodson (ver Sección 1.1) evaluada en el semieje mayor a , las cantidades $K_{n,m}$ son constantes y las funciones $Q_{n,m}$ se describen en la Tabla C.1.

n	m	$K_{n,m}$	$Q_{n,m}$
2	0	0.5	$1-3\sin^2 \vartheta$
2	1	1	$2\sin \vartheta \cos \vartheta$
2	2	1	$\cos^2 \vartheta$
3	0	1.11803	$(3-5\sin^2 \vartheta)\sin \vartheta$
3	1	0.72618	$(1-5\sin^2 \vartheta)\cos \vartheta$
3	2	2.59808	$\sin \vartheta \cos^2 \vartheta$
3	3	1	$\cos^3 \vartheta$

TABLA C.1: Relación de las cantidades $K_{n,m}$ y las funciones $Q_{n,m}$ para los distintos valores de n y m .

Los símbolos K_{i,t_0} , Φ_{i,t_0} y ω_{i,t_0} que aparecen en las fórmulas [C.4] – [C.9] se corresponden sucesivamente con el coeficiente de amplitud, la fase y la frecuencia de la onda de marea i -ésima en el desarrollo del potencial astronómico de marea en un momento inicial t_0 . Para un momento específico t , tenemos que $t = t_0 + \Delta t$. Por último, los parámetros $H_{n,i}$ y $L_{n,i}$ son los números de Love y Shida, mientras que $H'_{n,i}$ y $L'_{n,i}$ son

funciones de sus derivadas parciales en la dirección del radio vector \bar{r} que adoptan la forma siguiente (Skalský, 1995):

$$\begin{cases} H'_{n,i} = r \left(\frac{\partial H_{n,i}}{\partial r} \right), \\ L'_{n,i} = r \left(\frac{\partial L_{n,i}}{\partial r} \right). \end{cases} \quad [\text{C.11}]$$

Evidentemente, si $r = a$, entonces $H'_{n,i} = ah'_{n,i}$ y $L'_{n,i} = al'_{n,i}$, donde $h_{n,i}$ y $l_{n,i}$ son los valores en superficie de $H_{n,i}$ y $L_{n,i}$ y $h'_{n,i}$ y $l'_{n,i}$ sus correspondientes derivadas. Éstas pueden obtenerse a partir de las siguientes expresiones (Skalský, 1995):

$$\begin{cases} ah'_{n,i} = -(2p+n)h_{n,i} + pn(n+1)l_{n,i}, \\ al'_{n,i} = -h_{n,i} - (n-1)l_{n,i}, \end{cases} \quad [\text{C.12}]$$

siendo

$$p = \lambda / (\lambda + 2\mu) = 1 - 2 \left(\frac{v_s}{v_p} \right)^2, \quad [\text{C.13}]$$

con μ y λ los coeficientes de Lamé, mientras que v_p y v_s son, respectivamente, las velocidades de propagación de las ondas P y S. Para el modelo de Tierra considerado en este trabajo, y suponiendo $r = a$, se obtiene $p = 0.3959$.

Si la formulación de $al'_{n,i}$ en [C.12] se sustituye en [C.7] y [C.9], entonces resulta que $e_{r\theta} = e_{\lambda r} = 0$, lo cual facilita los cálculos.

Por último, sustituyendo [C.12] y [C.4] – [C.9] en [C.1], tenemos (Skalský, 1995)

$$d(A, \varepsilon) = \sum_i \left\{ G_{n,m} R_i K_{i,t_0} \cos(\Phi_{i,t_0} - \Delta\Phi_i + \omega_{i,t_0} \Delta t) \right\}, \quad [\text{C.14}]$$

donde

$$R_i = (A_i^2 + B_i^2)^{1/2}, \quad [\text{C.15}]$$

y

$$\Delta\Phi_i = \arctan\left(\frac{B_i}{A_i}\right), \quad [\text{C.16}]$$

siendo

$$\begin{cases} A_i = \sum_{j=1}^3 (C_j E_{j,i}), \\ B_i = C_4 E_{4,i}, \end{cases} \quad [\text{C.17}]$$

con

$$\begin{cases} C_1 = \cos^2 t_x, \\ C_2 = \cos^2 t_y, \\ C_3 = \cos^2 t_z, \\ C_4 = \cos t_x \cos t_y, \end{cases} \quad [\text{C.18}]$$

y

$$\begin{cases} E_{1,i} = h_{n,i} + G''_{n,m} l_{n,i}, \\ E_{2,i} = h_{n,i} - \left[\left(\frac{m}{\cos \vartheta} \right)^2 + G'_{n,m} \tan \vartheta \right] l_{n,i}, \\ E_{3,i} = \left\{ n \left[1 - \left(\frac{r}{a} \right) \right] - 2p \left(\frac{r}{a} \right) \right\} h_{n,i} + \left(\frac{r}{a} \right) p n (n+1) l_{n,i}, \\ E_{4,i} = \left(\frac{2m}{\cos \vartheta} \right) (G'_{n,m} + \tan \vartheta) l_{n,i}. \end{cases} \quad [\text{C.19}]$$

De este modo, la formulación [C.13] nos permite expresar la deformación $d(A, \varepsilon)$ como la suma de las contribuciones de las distintas ondas de marea consideradas, con $G_{n,m} R_i K_{i,t_0}$ la amplitud y $(\Phi_{i,t_0} - \Delta\Phi_i)$ la fase de cada onda i -ésima.

D. Programas de cálculo.

El código desarrollado y empleado para la determinación de fases y amplitudes de TCFS del modo explicado en el Capítulo 3 está compuesto de un programa principal y 11 subrutinas.

Hay tres ficheros de entrada:

- COORD.TXT contiene los datos iniciales de los terremotos del catálogo (coordenadas, tiempos de ocurrencia y mecanismos focales).
- WAVES.TXT contiene las características de hasta 1200 ondas de marea, de acuerdo con los 4 desarrollos del potencial de marea disponibles: Doodson (Doodson, 1921); Cartwright-Tayler-Edden (Cartwright y Tayler, 1971; Cartwright y Edden, 1973); Tamura (Tamura, 1987); Büllsfeld (Büllsfeld, 1985).
- MTV2.INP es un archivo de configuración donde se especifica el desarrollo del potencial de marea deseado, el modelo de mareas utilizado y otros parámetros (ver Figura D.1).

En cuanto a los ficheros de salida, son los siguientes:

- NORMPHASE.OUT muestra la fase del esfuerzo de marea normal al plano de falla para cada terremoto del catálogo y la amplitud de dicho esfuerzo para el semiciclo de marea en el que ocurre el evento.

- SLIPHASE.OUT muestra la fase del esfuerzo de marea de cizalla en la dirección del deslizamiento de la falla para cada terremoto del catálogo, así como la amplitud de dicho esfuerzo para el semiciclo de marea en el que ocurre el evento.
- CFSPHASE.OUT muestra la fase de TCFS para cada evento del catálogo, así como la amplitud de dicho esfuerzo para el semiciclo de marea en el que ocurre el terremoto (ver Figura D.2).
- MTV.OUT muestra los distintos esfuerzos de marea (TCFS, normal al plano de falla y en la dirección del deslizamiento de la falla) calculados para los tiempos y coordenadas indicados en el fichero de entrada COORD.TXT, sin calcular fases ni amplitudes para los eventos.

```

Program      : PHASE (Computation of Tidal Stress Phases)
Model        : Global elastic WDZ
Potential    : Tidal potential development Tamura (1200 waves)
C*****
Gravity [m/s**2], < 9.5 if unknown      :    9.8090
Coefficient for output values             :    1.0000
Output unit (1-5 chrs., blanks=stand.) :
Tidal potential development (0...3)      :         2
Desired model of Earth tides (1, 2)      :         1
Number of local model groups (<= 85)      :    14 ' for
Use only given (0) or all waves (1)      :     0 ' local
Start  End Darwin  Ampl. factor  Shift[deg]      ' model
   2   34  SSA      0.97347   0.00000      ' only
  35  285  MF       0.94634  -1.49860      ' only
 286  428  Q1       1.00302   2.73770      ' only
 429  537  O1       1.00848   3.01840      ' only
 538  554  P1       1.01850   3.13950      ' only
 555  593  K1       1.00801   3.19990      ' only
 594  634  J1       1.00140   0.00000      ' only
 635  739  OO1      1.00140   0.00000      ' only
 740  890  N2       0.98639  -1.45490      ' only
 891  987  M2       0.97392  -0.38600      ' only
 988 1004  S2       1.00256   0.27680      ' only
1005 1121  K2       1.00594   0.22980      ' for
1122 1204  M3       0.99943   0.00000      ' local
1205 1214  M4       1.00442   0.00000      ' model

```

FIGURA D.1: Fichero de configuración de parámetros MTV2.INP.

```

*****
*
* Program PHASE - 2014 VERSION FORTRAN 77
*
* Computation of tidal Coulomb stress phases
*
*****

Program : PHASE (Computation of Tidal Stress Phases)
Model   : Global elastic WDJ
Potential : Tidal potential development Tamura (1200 waves)
Positive sense : Expansion
Tidal potential development : Tamura 1987
Earth model for tidal parameters : Global elastic Wahr-Dehant-Zschau
Number of local model groups (<= 85) : 14
Use only given (0) or all waves (1) : 0
-----
Tidal stress phases and amplitudes
DATE      TIME      LATITUDE LONGITUDE HEIGHT  STRIKE DIP RAKE  PHASE[deg] AMP[Pa]
-----
20010311 12:10:53.09 36.2922 -117.4470 0. 16. 51. 133. 212.09 309.53
20040706 3: 5:26.79 37.2268 -117.5882 0. 330. 57. -123. 101.33 1898.83

```

El código completo del programa se muestra a continuación.

```

C          must be stored before the execution of the programC
C
C          MTV.OUT:      output file with computed tidal stresses for the C
C          events in COORD.TXT C
C
C          SLIPPHASE.OUT: formatted unit, on which final results of tidal C
C          stress phases in the slip direction are stored C
C
C          CFSPPHASE.OUT: formatted unit, on which final results of tidal C
C          Coulomb stress phases are stored C
C
C          NORMPHASE.OUT: formatted unit, on which final results of tidal C
C          normal stress phases are stored C
C
C          Used routines: C
C          ----- C
C          CALDAT:  computes year iyyy, month mm, day id, hour ih, minute C
C          imin and second dsec for a given julian day number JDAY C
C
C          DATHRS:  computes the number of hours DHJ elapsed from the C
C          initial day of the Julian period (but 0:00 UT) to the C
C          moment given by the year IY, month IM, day ID C
C          and hour IH [UTC]. C
C
C          ETASTE:  computes astronomic elements C
C
C          ETGCOF:  computes geodetic coefficients and also astronomic C
C          elements and LOVE and SHIDA numbers for all tidal waves C
C          taken into account C
C
C          ETLOVE:  computes elastic parameters for WAHR-DEHANT-ZSCHAU modelC
C
C          ETMUTC:  computes differences DDT (= ET - UT = ET - UTC = C
C          = TDT - UTC = TT - UTC) C
C
C          ETPOTA:  computes amplitudes, frequencies and phases of tidal C
C          waves C
C
C          JULDAY:  computes julian day number JDAY for a moment given by C
C          the year iyyy, month mm, day id, hour ih, minute imin C
C          and second dsec C
C
C          MAXGOLDEN: performs a golden section search for maximum tidal C
C          stress values C
C
C          MINGOLDEN: performs a golden section search for minimum tidal C
C          stress values C
C
C          STRESS:  computes CFS and stress in the fault slip direction C
C          for a point of given coordinates (time, latitude, C
C          longitude, height and focal mechanism) C
C
C          COMMON blocks: C
C          ----- C
C          /PLACE/, /TIME/, /COMP/, /CONST/, /GROUPS/ and /FAULT/ C
C
C          References: C
C          ----- C
C
C          SKALSKY, L. 1991: Calculation of theoretical values of the tidal C
C          strain components with respect to their practical use. C

```

```

C          Proc. from seminary 'Advances in gravimetry', December      C
C          10-14, 1990, Smolenice. Slovak Academy of Sciences,          C
C          Geophysical Institute, Bratislava 1991, pp. 179-184.          C
C                                                                           C
C          WILCOCK, W.S. 2009: Tidal triggering of earthquakes in the    C
C          Northeast Pacific Ocean. Geophys. J. Int., vol. 179: 1055 -C
C          1070.                                                         C
C                                                                           C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (D)
      DOUBLE PRECISION JDAY
      CHARACTER CVERS*12,CTEXT*80,CENDT*10,CPARM*40,
1  CUNITS*5,CUNITO*5,CPOS*11,CPOT(4)*18,CMODEL(3)*33,CL1*50,
2  CL2*43,CL*93,CLS*136
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      The following dimension statements are concerning the number of    C
C      wavegroups to be used, which is restricted to 85 in the current    C
C      program version:                                                  C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      INTEGER*2 NB(85),NE(85)
      DIMENSION DAFLG(85),DTSLG(85)
      CHARACTER CDARG(85)*4
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      COMMON /CONST/:                                                  C
C      DPI ..... 3.14159....                                           C
C      DPI2 .... 2.D0*DPI                                              C
C      DRAD .... DPI/180.D0                                           C
C      DRO ..... 180.D0/DPI                                           C
C      CL ..... 93 characters '-'                                       C
C      CLS ..... 136 characters '-'                                     C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      COMMON /PLACE/ DLAT,DLON,DHEIGHT,DGRAV
      COMMON /TIME/ DSEC,ITY,ITM,ITD,ITH,ITMIN
      COMMON /FAULT/ DSTRIKE,DIP,DRAKE
      COMMON /COMP/ DPOSIT,CUNITS
      COMMON /CONST/ DPI,DPI2,DRAD,DRO,CL,CLS
      COMMON /GROUPS/ DAFLG,DTSLG,NGR,NB,NE
C-----
      DATA IUN3/3/,IUN5/5/,IUN6/6/,IUN7/7/,IUN8/8/,IUN9/9/,IUN14/14/
      DATA CENDT/'C*****'/
      DATA CVERS/'2014 VERSION'/
      DATA CPOT/'Doodson 1921 ','CTE 1973 ',
1  'Tamura 1987 ','Buellesfeld 1985 '/
      DATA CMODEL/'Rigid Earth','Global elastic Wahr-Dehant-Zschau',
1  'Local elastic'/
      DATA CUNITS/'E-9 '/
      DATA DPI/3.141592653589793D0/,DPI2/6.283185307179586D0/,
1  DRAD/1.745329251994330D-02/,DRO/57.295779513082320D0/
      DATA CL1/'-----'/,
1  CL2/'-----'/
      CL=CL1//CL2
      CLS=CL//CL2
      OPEN(UNIT=IUN3,FILE='COORD.TXT',FORM='FORMATTED')
      OPEN(UNIT=IUN5,FILE='MTV2.INP',FORM='FORMATTED')
      OPEN(UNIT=IUN6,FILE='MTV.OUT',FORM='FORMATTED')
      OPEN(UNIT=IUN7,FILE='SLIPHASE.OUT',FORM='FORMATTED')
      OPEN(UNIT=IUN8,FILE='CFSPHASE.OUT',FORM='FORMATTED')
      OPEN(UNIT=IUN9,FILE='NORMPHASE.OUT',FORM='FORMATTED')
      OPEN(UNIT=IUN14,FILE='WAVES.TXT',FORM='FORMATTED')
C-----
      WRITE(IUN6,8000) CVERS

```



```

C      Read parameter IMODEL = 1 for global elastic Earth model      C
C                               (WAHR-DEHANT-ZSCHAU)                  C
C      IMODEL = 2 for local elastic Earth model                      C
C                               (using local tidal parameters)       C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      READ(IUN5,7010) CPARM,IMODEL
      IF (IMODEL.LT.1.OR.IMODEL.GT.2) THEN
        WRITE(IUN7,9070)
        WRITE(IUN8,9070)
        WRITE(IUN9,9070)
        WRITE(*,9070)
        GOTO 9999
      ENDIF

C-----
      WRITE(IUN7,8110) CPOT(IPOT+1),CMODEL(IMODEL+1)
      WRITE(IUN8,8110) CPOT(IPOT+1),CMODEL(IMODEL+1)
      WRITE(IUN9,8110) CPOT(IPOT+1),CMODEL(IMODEL+1)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Read characteristics of local elastic Earth model (IMODEL = 2) C
C      and test their admissibility:                                C
C      NGR      = number of used groups of tidal waves (<= 85)      C
C      IWAL     = characteristic of the use of tidal waves outside   C
C                  given NGR groups, for which default tidal parameters C
C                  for Wahr-Dehant-Zschau global elastic Earth tide model C
C                  will be used.                                     C
C                  IWAL=0: These waves have not to be used (only tidal C
C                          waves within given range of NGR groups will be C
C                          taken into account)                       C
C                  IWAL=1: These waves have been taken into account  C
C      NB       = serial number (from the global range <1, 1214>)    C
C                  of the first desired tidal wave in each group     C
C      NE       = serial number (from the global range <1, 1214>)    C
C                  of the last desired tidal wave in each group      C
C      CDARG    = Darwin's symbol (max. 4 characters) of the main tidal C
C                  wave in each group                                C
C      DAFLG    = amplitude factor of the main tidal wave in each group, C
C                  related to WDW model                             C
C      DTSLG    = phase difference in degrees for the main tidal wave in C
C                  each group (minus means delay), related to WDW model C
C                                                                C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      READ(IUN5,7010) CPARM,NGR
      IF (NGR.LT.1.OR.NGR.GT.85) THEN
        WRITE(*,9110) NGR
        GOTO 9999
      ENDIF

C-----
      WRITE(IUN7,8080) CPARM,NGR
      WRITE(IUN8,8080) CPARM,NGR
      WRITE(IUN9,8080) CPARM,NGR
      READ(IUN5,7010) CPARM,IWAL
      IF (IWAL.NE.0.AND.IWAL.NE.1) THEN
        WRITE(*,9090) IWAL
        GOTO 9999
      ENDIF

C-----
      WRITE(IUN7,8080) CPARM,IWAL
      WRITE(IUN8,8080) CPARM,IWAL
      WRITE(IUN9,8080) CPARM,IWAL

C-----
      READ(IUN5,7000) CTEXT

```



```

        WRITE(IUN6,9000) CL
        WRITE(IUN7,9000) CL
        WRITE(IUN8,9000) CL
        WRITE(IUN9,9000) CL
C-----
        DO 400 IG=1,NGR
            READ(IUN5,7070) NB(IG),NE(IG),CDARG(IG),DAFLG(IG),DTSLG(IG)
        400 CONTINUE
C-----End of MTV2.INP reading-----
        WRITE(IUN6,8500)
        WRITE(IUN7,8501)
        WRITE(IUN8,8501)
        WRITE(IUN9,8501)
        WRITE(IUN6,9000) CL
        WRITE(IUN7,9000) CL
        WRITE(IUN8,9000) CL
        WRITE(IUN9,9000) CL
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Read data file COORD.TXT
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
        425 READ(IUN3,*,END=9999) ITY,ITM,ITD,ITH,ITMIN,DSEC,DLAT,DLON,
            1DHEIGHT,DSTRIKE,DIP,DRAKE
            IF(ITY.EQ.8888) GOTO 9999
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Calculate tidal stress values for the event read in COORD.TXT
C    using subroutine STRESS
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Tidal Coulomb Failure Stress
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
        ITYPE=1
        CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DSTRESS)
        DCFS=DSTRESS
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Tidal Stress in the fault slip direction
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
        ITYPE=2
        CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DSTRESS)
        DTIDALSLIP=DSTRESS
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Tidal Normal Stress
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
        ITYPE=3
        CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DSTRESS)
        DTIDALNORMAL=DSTRESS
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Print results in 'MTV.OUT':
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
        IDAT=10000*ITY+100*ITM+ITD
        ITHOUR = ITH
        ITMINUTE = ITMIN
        DSECOND = DSEC
        WRITE(IUN6,7900) DLAT,DLON,DHEIGHT,IDAT,ITHOUR,ITMINUTE,DSECOND,
            1DTIDALSLIP,DTIDALNORMAL,DCFS
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Define the triplet DOCTIME,DOCTIMEMINUS1,DOCTIMEPLUS1 (time of
C    occurrence of the event, time of occurrence minus 1 hour and
C    time of occurrence plus 1 hour
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
        CALL JULDAY(ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC,JDAY)
        DOCTIME = JDAY

```

```

DOCTIMEMINUS1 = DOCTIME - (1.0D0/24.0D0)
DOCTIMEPLUS1 = DOCTIME + (1.0D0/24.0D0)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   See if DOCTIMEMINUS1, DOCTIME and DOCTIMEPLUS1 bracket a minimum C
C   or maximum value of tidal stress of the kind ITYPE. Otherwise, C
C   we will move around DOCTIME until we find a maximum and a C
C   minimum. This process will be done for all types ITYPE = 1 (CFS),C
C   ITYPE = 2 (Tidal Stress in the fault slip direction) and ITYPE = C
C   3 (Tidal Normal Stress) C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 9900 ITYPE=1,3
DAX = DOCTIMEMINUS1
DBX = DOCTIME
DCX = DOCTIMEPLUS1
CALL CALDAT(DAX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFAX)
CALL CALDAT(DBX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFBX)
CALL CALDAT(DCX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFCX)
IF (DFAX.LT.DFBX.AND.DFBX.GT.DFCX) GOTO 450
IF (DFAX.GT.DFBX.AND.DFBX.LT.DFCX) GOTO 650
IF (DFAX.LT.DFBX.AND.DFBX.LT.DFCX) GOTO 900
IF (DFAX.GT.DFBX.AND.DFBX.GT.DFCX) GOTO 1100
IF (DFAX.EQ.DFBX.AND.DFBX.LT.DFCX) GOTO 1200
IF (DFAX.GT.DFBX.AND.DFBX.EQ.DFCX) GOTO 1300
IF (DFAX.EQ.DFBX.AND.DFBX.GT.DFCX) GOTO 1400
IF (DFAX.LT.DFBX.AND.DFBX.EQ.DFCX) GOTO 1500
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   If DAX, DBX and DCX bracket a maximum, call routine MAXGOLDEN C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
450 CALL MAXGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
1DCX,DFBX,DTMAX,DMAXGOLDEN)
IF (DOCTIME.LT.DTMAX) THEN
GOTO 500
ELSE
GOTO 600
ENDIF
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   If DOCTIME < DTMAX we go 'downhill' to the left to find the C
C   minimum C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
500 CONTINUE
DAX = DAX - (1.0D0/24.0D0)
DBX = DBX - (1.0D0/24.0D0)
DCX = DCX - (1.0D0/24.0D0)
CALL CALDAT(DAX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFAX)
CALL CALDAT(DBX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFBX)
CALL CALDAT(DCX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFCX)
IF (DFAX.GT.DFBX.AND.DFBX.LT.DFCX) THEN
CALL MINGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
1DCX,DFBX,DTMIN,DMINGOLDEN)
GOTO 9400
ELSE IF (DFAX.EQ.DFBX.AND.DFBX.LT.DFCX) THEN
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   If this happens, it is obvious that the minimum is somewhere C
C   between DAX and DBX C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

```



```

CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFAX)
CALL CALDAT(DBX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFBX)
CALL CALDAT(DCX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFCX)
  IF (DFAX.LT.DFBX.AND.DFBX.GT.DFCX) THEN
    CALL MAXGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
1DCX,DFBX,DTMAX,DMAXGOLDEN)
    GOTO 9400
  ELSE IF (DFAX.EQ.DFBX.AND.DFBX.GT.DFCX) THEN
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   If this happens, it is obvious that the maximum is somewhere   C
C   between DAX and DBX                                           C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
    DCX = DBX
    DBX = DAX + (1.0D0/48.0D0)
    CALL CALDAT(DBX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
    CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFBX)
    CALL MAXGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
1DCX,DFBX,DTMAX,DMAXGOLDEN)
    GOTO 9400
  ELSE
    GOTO 700
  ENDIF
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   If DOCTIME >= DTMIN we go 'uphill' to the right to find the   C
C   maximum                                                         C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
800    CONTINUE
    DAX = DAX + (1.0D0/24.0D0)
    DBX = DBX + (1.0D0/24.0D0)
    DCX = DCX + (1.0D0/24.0D0)
    CALL CALDAT(DAX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
    CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFAX)
    CALL CALDAT(DBX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
    CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFBX)
    CALL CALDAT(DCX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
    CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFCX)
    IF (DFAX.LT.DFBX.AND.DFBX.GT.DFCX) THEN
      CALL
MAXGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
1DCX,DFBX,DTMAX,DMAXGOLDEN)
      GOTO 9400
    ELSE IF (DFAX.LT.DFBX.AND.DFBX.EQ.DFCX) THEN
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   If this happens, it is obvious that the maximum is somewhere   C
C   between DBX and DCX                                           C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
    DAX = DBX
    DBX = DAX + (1.0D0/48.0D0)
    CALL CALDAT(DBX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
    CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFBX)
    CALL
MAXGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
1DCX,DFBX,DTMAX,DMAXGOLDEN)
    GOTO 9400
  ELSE
    GOTO 800
  ENDIF
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   If DFAX < DFBX < DFCX then we go 'uphill' to the right to find C

```

```

C      the maximum and then 'downhill' to the left to find the minimum  C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
900    CONTINUE
      DAX = DAX + (1.0D0/24.0D0)
      DBX = DBX + (1.0D0/24.0D0)
      DCX = DCX + (1.0D0/24.0D0)
      CALL CALDAT(DAX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
      CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFAX)
      CALL CALDAT(DBX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
      CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFBX)
      CALL CALDAT(DCX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
      CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFCX)
      IF (DFAX.LT.DFBX.AND.DFBX.GT.DFCX) THEN
        CALL MAXGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
1DCX,DFBX,DTMAX,DMAXGOLDEN)
        DAX = DOCTIMEMINUS1
        DBX = DOCTIME
        DCX = DOCTIMEPLUS1
        GOTO 500
      ELSE IF (DFAX.LT.DFBX.AND.DFBX.EQ.DFCX) THEN
        DAX = DBX
        DBX = DAX + (1.0D0/48.0D0)
        CALL CALDAT(DBX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
        CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFBX)
        CALL MAXGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
1DCX,DFBX,DTMAX,DMAXGOLDEN)
        DAX = DOCTIMEMINUS1
        DBX = DOCTIME
        DCX = DOCTIMEPLUS1
        GOTO 500
      ELSE
        GOTO 900
      ENDIF
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      If DFAX > DFBX > DFCX then we go 'downhill' to the right to find C
C      the minimum and then 'uphill' to the left to find the maximum  C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
1100   CONTINUE
      DAX = DAX + (1.0D0/24.0D0)
      DBX = DBX + (1.0D0/24.0D0)
      DCX = DCX + (1.0D0/24.0D0)
      CALL CALDAT(DAX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
      CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFAX)
      CALL CALDAT(DBX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
      CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFBX)
      CALL CALDAT(DCX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
      CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFCX)
      IF (DFAX.GT.DFBX.AND.DFBX.LT.DFCX) THEN
        CALL MINGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
1DCX,DFBX,DTMIN,DMINGOLDEN)
        DAX = DOCTIMEMINUS1
        DBX = DOCTIME
        DCX = DOCTIMEPLUS1
        GOTO 700
      ELSE IF (DFAX.GT.DFBX.AND.DFBX.EQ.DFCX) THEN
        DAX = DBX
        DBX = DAX + (1.0D0/48.0D0)
        CALL CALDAT(DBX,ITM,ITD,ITY,ITH,ITMIN,DSEC)
        CALL STRESS(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DFBX)
        CALL MINGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
1DCX,DFBX,DTMIN,DMINGOLDEN)

```



```

7060 FORMAT(A40,1X,A5)
7070 FORMAT(2I5,1X,A4,5X,2F10.5)
C      Output FORMATS
C      10 FORMAT (F24.15,' ','I5',' ','I3',' ','I3',' ','I3',' ',
C      1 I3',' ',F6.2,' ',F9.4,' ',F9.4,' ',I6,1X)
7900 FORMAT(F9.4,1X,F9.4,1X,F8.0,1X,I8,1X,I2,':',I2,':',F5.2,1X,F10.4,
11X,F10.4,3X,F10.4)
7901 FORMAT(1X,I8,1X,I2,':',I2,':',F5.2,1X,F9.4,2X,F9.4,1X,F8.0,3X,F4.0
1,2X,F4.0,2X,F5.0,1X,F7.2,3X,F8.2)
8000 FORMAT(
1 17X,'*****'/
2 17X,'*
3 17X,'*   Program PHASE - ',A12,' FORTRAN 77          */
4 17X,'*
5 17X,'*           Computation of tidal strain components      */
6 17X,'*
7 17X,'*****'/)
8001 FORMAT(
1 17X,'*****'/
2 17X,'*
3 17X,'*   Program PHASE - ',A12,' FORTRAN 77          */
4 17X,'*
5 17X,'*           Computation of tidal shear stress phases      */
6 17X,'*           (fault slip direction)                      */
7 17X,'*****'/)
8002 FORMAT(
1 17X,'*****'/
2 17X,'*
3 17X,'*   Program PHASE - ',A12,' FORTRAN 77          */
4 17X,'*
5 17X,'*           Computation of tidal Coulomb stress phases     */
6 17X,'*
7 17X,'*****'/)
8003 FORMAT(
1 17X,'*****'/
2 17X,'*
3 17X,'*   Program PHASE - ',A12,' FORTRAN 77          */
4 17X,'*
5 17X,'*           Computation of tidal normal stress phases      */
6 17X,'*
7 17X,'*****'/)
8010 FORMAT(6X,A)
8030 FORMAT(6X,'Earth tide component                      : ',A24)
8040 FORMAT(6X,'Azimuth from north direction [deg]         : ',F7.2,1X,
1F7.2,1X,F7.2,1X,F7.2,1X,F7.2,1X,F7.2)
8050 FORMAT(6X,'Elevation above the horizon [deg]          : ',F7.2,1X,
1F7.2,1X,F7.2,1X,F7.2,1X,F7.2,1X,F7.2)
8060 FORMAT(6X,'Positive sense                               : ',A11)
8080 FORMAT(6X,A40,I10)
8090 FORMAT(6X,A40,F10.4)
8100 FORMAT(6X,A11,28X,': ',A5)
8110 FORMAT(6X,'Tidal potential development                : ',A18/
1 6X,'Earth model for tidal parameters                    : ',A33)
8500 FORMAT(' Tidal variations [Pa]',30X,'TIDAL STRESS COMPONENTS'
1/'LATITUDE LONGITUDE HEIGHT DATE'
1,' TIME TIDALSLIP TIDALNORMAL CFS')
8501 FORMAT(' Tidal stress phases and amplitudes'
1/' DATE TIME LATITUDE LONGITUDE HEIGHT '
1,'STRIKE DIP RAKE PHASE[deg] AMP[Pa]')
9000 FORMAT(A)
9060 FORMAT(/6X,'Error in desired potential (it can be only 0 - 3)')

```



```

9070 FORMAT(/6X,'Error in desired model (it can be only 1 - 2)')
9090 FORMAT(/6X,'Error in given code',I2,' (it can be only 0 or 1)')
9110 FORMAT(/6X,'Error in given number',I3,' (it can be only 1 - 85)')
END
C
      SUBROUTINE CALDAT(julian,mm,id,iyyy,ih,imin,dsec)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C
C      Routine CALDAT - version LM 2015 FORTRAN 77
C
C
C      The routine CALDAT computes year iyyy, month mm, day id, hour ih,
C      minute imin and second dsec for a given julian day number JDAY
C
C      Reference: Meeus,J.,1988: Astronomical Formulae for Calculators,
C      pp. 23-29. Willmann-Bell,Inc. Fourth Edition.
C
C      Input parameter description:
C      -----
C      julian .....julian day number in DOUBLE PRECISION form
C
C      Output parameter description:
C      -----
C      iyyy ..... year          in INTEGER form (e.g. 1971)
C      mm ..... month          in INTEGER form (e.g. 1 = JANUARY)
C      id ..... day            in INTEGER form
C      ih ..... hour UTC       in INTEGER form
C      imin ..... minute       in INTEGER form
C      dsec ..... second       in DOUBLE PRECISION form
C
C      This routine works only for JDAY >= 2299161 (i.e., 1582 october
C      15th, which is the origin date of Gregorian Calendar)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DOUBLE PRECISION julian,X,T,dsec
      REAL F,G
      INTEGER Z,id,iyyy,mm,ih,imin
      INTEGER ja,jalpha,jb,jc,jd,je
C      Compute auxiliar coefficients:
      X = julian + 0.5D0
      Z = INT(X)
      F = X - Z
      jalpha = INT((Z-1867216.25)/36524.25)
      ja= Z + 1 + jalpha -INT(0.25*jalpha)
      jb=ja+1524
      jc=INT((jb-122.1)/365.25)
      jd=INT(365.25*jc)
      je=INT((jb-jd)/30.6001)
C      Compute day, month and year:
      id=jb-jd-int(30.6001*je)
      mm=je-1
      if(mm.gt.12)mm=mm-12
      iyyy=jc-4715
      if(mm.gt.2)iyyy=iyyy-1
C      Compute hour, minute and second:
      T = DBLE(F)*(24.0D0)*(60.0D0)*(60.0D0)
      dsec = MOD(T,60.0D0)
      G = REAL(INT(T/60.0))
      imin = INT(MOD(G,60.0))
      ih = INT(G/60.0)
      return

```



```

C      a specific epoch, given in UTC.
C
C      Reference: TAMURA, Y. 1987: A Harmonic Development of the Tide-
C      generating Potential. Bulletin d'Informations Marees
C      Terrestres no. 99, 6813-6855, Bruxelles 1987.
C
C      WENZEL, H.-G. 1976: Zur Genauigkeit von gravimetri-
C      schen Erdgezeitenbeobachtungen. Wissenschaftliche
C      Arbeiten der Lehrstuehle fuer Geodaesie, Photogramme-
C      trie und Kartographie an der Technischen Universitaet
C      Hannover NR. 67, Hannover 1976.
C
C      All variables with D as first character are double precision.
C
C      Input parameter description:
C      -----
C      IPOT ..... parameter for the used tidal potential model
C      IPOT = 0: DOODSON 1921      tidal potential
C      IPOT = 1: CTED 1973        tidal potential
C      IPOT = 2: TAMURA 1987      tidal potential
C      IPOT = 3: BUELLESFELD 1985 tidal potential
C
C      Output parameter description (COMMON block /ASTRE/):
C      -----
C      DAS(1) ... mean local Moontime in degrees
C      DAS(2) ... mean longitude of the Moon in degrees
C      DAS(3) ... mean longitude of the Sun  in degrees
C      DAS(4) ... mean longitude of the perigee of the Moon's orbit
C      in degrees
C      DAS(5) ... negative mean longitude of the ascending node of
C      the Moon's orbit in degrees
C      DAS(6) ... mean longitude of the perigee of the Suns's orbit
C      in degrees
C      DAS(7) ... argument of Jupiter's opposition in degree (for
C      TAMURA's 1987 tidal potential development)
C      DAS(8) ... argument of Venus's conjunction in degree (for
C      TAMURA's 1987 tidal potential development)
C      DASP(1..8) time derivatives of the corresponding variables
C      DAS in degrees per hour
C
C      COMMON blocks:
C      -----
C      /PLACE/, /DIR/, /EPOCH/, /ASTRE/ and /CONST/
C*****
C      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (D)
C      IMPLICIT INTEGER*4 (I-N)
C      DIMENSION DAS(8),DASP(8)
C      CHARACTER CL*93,CLS*136
C-----
C      COMMON /PLACE/ DLAT,DLON,DHEIGHT,DGRAV
C      COMMON /DIR/ DAZ,DEL
C      COMMON /EPOCH/ ITY0,ITM0,ITD0,ITH0,DJULD0,DDT0
C      COMMON /ASTRE/ DAS,DASP
C      COMMON /CONST/ DPI,DPI2,DRAD,DRO,CL,CLS
C      CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute Universal Time epochs in Julian centuries referring to
C      31 December 1899 12 h UT (DTUT) and to 1 January 2000 12 h UTC
C      (DTUT20):
C      CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      DTUT=(DJULD0-2415020.0D0)/36525.0D0
C      DTUT20=(DJULD0-2451545.0D0)/36525.0D0

```

```

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute Terrestrial Dynamical Time epoch DT in Julian centuries  C
C      referring to 31 December 1899 12 h ET and DTDT20 referring to    C
C      1 January 2000 12 h TDT:                                         C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DT=DTUT+DDT0/3155760000.0D0
      DTDT20=DTUT20+DDT0/3155760000.0D0
      IF(IPOT.EQ.2) GOTO 20
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute astronomical elements for initial epoch from             C
C      NEWCOMB's formula for the Sun and from BROWN's formulas for the  C
C      Moon (see Astronomical Ephemeris, Explanatory Supplement):      C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DT2=DT*DT
      DT3=DT2*DT
      DAS(2)=270.434164D0 +481267.8831417D0*DT-0.0011333D0*DT2+
1 0.0000019D0*DT3
      DAS(3)=279.696678D0 +36000.768925D0*DT +0.0003025D0*DT2
      DAS(4)=334.329556D0 +4069.0340333D0*DT -0.010325D0*DT2-
1 0.0000125D0*DT3
      DAS(5)=100.816725D0 +1934.1420083D0*DT -0.0020778D0*DT2-
1 0.0000022D0*DT3
      DAS(6)=281.220833D0 +1.719175D0*DT +0.0004528D0*DT2+
1 0.0000033D0*DT3
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute Jupiter's and Venus's arguments from TAMURA's 1987      C
C      formulas:                                                         C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DAS(7)=248.1D0+32964.47D0*DTDT20
      DAS(8)= 81.5D0+22518.44D0*DTDT20
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute speeds in degrees per hour:                               C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DASP(2)=0.54901652195037D0 -2.58575D-9*DT +6.46D-12*DT2
      DASP(3)=0.04106863897444D0 +6.902D-10*DT
      DASP(4)=0.00464183667960D0 -2.355692D-8*DT-4.278D-11*DT2
      DASP(5)=0.00220641342494D0 -4.74054D-9*DT -7.60D-12*DT2
      DASP(6)=0.00000196118526D0 +1.03303D-9*DT +1.141D-11*DT2
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute Jupiter's and Venus's speed from TAMURA's 1987          C
C      formulas:                                                         C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DASP(7)=32964.47D0/(24.D0*36525.D0)
      DASP(8)=22518.44D0/(24.D0*36525.D0)
      DASP(1)=DASP(3)-DASP(2)+15.0D0
C+++++
      DO 10 I=2,8
          DAS(I)=DMOD(DAS(I),360.0D0)
          IF(DAS(I).LT.0.D0) DAS(I)=DAS(I)+360.D0
      10 CONTINUE
C++++ End of I-loop +++++
      DAS(1)=DAS(3)-DAS(2)+DLON+DBLE(ITH0)*15.0D0
      IF(DAS(1).LT.0.D0) DAS(1)=DAS(1)+360.0D0
      GOTO 40
C-----
      20 CONTINUE
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute astronomical elements from TAMURA's 1987 formulas:      C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DT2=DTUT20*DTUT20
      DT3=DT2*DTUT20

```

```

DAL=280.4606184D0 + 36000.7700536D0*DTUT20 + 0.00038793D0*DT2-
1 0.0000000258D0*DT3
DALP=(36000.7700536D0 +2.0D0*0.00038793D0*DTUT20-
1 3.0D0*0.0000000258D0*DT2)/(24.0D0*36525.D0)
DT2=DTDT20*DTDT20
DS=218.316656D0+481267.881342D0*DTDT20-0.001330D0*DT2
DSP=(481267.881342D0-2.0D0*0.001330D0*DTDT20)/(24.D0*36525.0D0)
DH=280.466449D0+36000.769822D0*DTDT20+0.0003036D0*DT2
DHP=(36000.769822D0+2.0D0*0.0003036D0*DTDT20)/(24.D0*36525.0D0)
DDS=0.0040D0*DCOS((29.D0+133.0D0*DTDT20)*DRAD)
DDSP=(-0.0040D0*133.0D0*DRAD*DSIN((29.D0+133.0D0*DTDT20)*DRAD))/
1 (24.0D0*36525.0D0)
DDH=0.0018D0*DCOS((159.D0+19.D0*DTDT20)*DRAD)
DDHP=(-0.0018D0*19.0D0*DRAD*DSIN((159.D0+19.D0*DTDT20)*DRAD))/
1 (24.0D0*36525.0D0)
DAS(1)=DAL-DS+DLON+DBLE(ITH0)*15.0D0
DAS(2)=DS+DDS
DAS(3)=DH+DDH
DAS(4)=83.353243D0 + 4069.013711D0*DTDT20 -0.010324D0*DT2
DAS(5)=234.955444D0 +1934.136185D0*DTDT20 -0.002076D0*DT2
DAS(6)=282.937348D0 + 1.719533D0*DTDT20 +0.0004597D0*DT2
DAS(7)=248.1D0+32964.47D0*DTDT20
DAS(8)= 81.5D0+22518.44D0*DTDT20
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute the speeds in degrees per hour:                                C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DASP(1)=DALP-DSP+15.0D0
DASP(2)=DSP+DDSP
DASP(3)=DHP+DDHP
DASP(4)=(4069.013711D0-2.0D0*0.010324D0*DTDT20)/(24.0D0*36525.0D0)
DASP(5)=(1934.136185D0-2.0D0*0.002076D0*DTDT20)/(24.0D0*36525.0D0)
DASP(6)=(1.719533D0+2.0D0*0.0004597D0*DTDT20)/(24.0D0*36525.0D0)
DASP(7)=32964.47D0/(24.D0*36525.D0)
DASP(8)=22518.44D0/(24.D0*36525.D0)
C+++++
DO 30 I=1,8
    DAS(I)=DMOD(DAS(I),360.0D0)
    IF(DAS(I).LT.0.D0) DAS(I)=DAS(I)+360.0D0
30 CONTINUE
C++++ End of I-loop +++++
40 CONTINUE
RETURN
END

C
SUBROUTINE ETGCOF(IUN14,IPOT,DGK,DPK)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C                                                                 C
C      Routine ETGCOF - version 2015 FORTRAN 77                  C
C      (modified by Luis Miguelsanz in order to obtain tidal linear C
C      strains only).                                             C
C                                                                 C
C      The routine ETGCOF computes the geodetic coefficients for C
C      the tidal potential developments (DOODSON's normalization) C
C      and also astronomic elements and LOVE and SHIDA numbers for C
C      all tidal waves taken into account.                        C
C                                                                 C
C      All variables with D as first character are DOUBLE PRECISION. C
C                                                                 C
C      Input parameter description:                               C
C      -----                                                    C
C      IUN14 .. formatted unit (file WAVES.TXT), on which the   C

```

```

C                characteristics of up to 1200 tidal waves from 4      C
C                different tidal potential development are stored      C
C                                                                    C
C    IPOT ... parameter for selecting the tidal potential            C
C                development                                          C
C                IPOT = 0: DOODSON 1921 tidal potential development   C
C                        with 378 waves                               C
C                IPOT = 1: CARTWRIGHT-TAYLOR-EDDEN 1973 tidal       C
C                        potential development with 505 waves        C
C                IPOT = 2: TAMURA 1987 tidal potential development  C
C                        with 1200 waves                             C
C                IPOT = 3: BUELLESFELD 1985 tidal potential         C
C                        development with 656 waves                  C
C                                                                    C
C    Output parameter description:                                   C
C    -----                                                        C
C    DGK ..... array (1...12) of geodetic coefficients:           C
C    DGK(1) ... geodetic coefficient for degree 2 and order 0      C
C    DGK(2) ... geodetic coefficient for degree 2 and order 1      C
C    DGK(3) ... geodetic coefficient for degree 2 and order 2      C
C    DGK(4) ... geodetic coefficient for degree 3 and order 0      C
C    DGK(5) ... geodetic coefficient for degree 3 and order 1      C
C    DGK(6) ... geodetic coefficient for degree 3 and order 2      C
C    DGK(7) ... geodetic coefficient for degree 3 and order 3      C
C    DGK(8) ... geodetic coefficient for degree 4 and order 0      C
C    DGK(9) ... geodetic coefficient for degree 4 and order 1      C
C    DGK(10) .. geodetic coefficient for degree 4 and order 2      C
C    DGK(11) .. geodetic coefficient for degree 4 and order 3      C
C    DGK(12) .. geodetic coefficient for degree 4 and order 4      C
C                                                                    C
C    DPK ..... array (1...12) of phase increments in degrees:     C
C    DPK(1) ... phase in degrees for      degree 2 and order 0    C
C    DPK(2) ... phase in degrees for      degree 2 and order 1    C
C    DPK(3) ... phase in degrees for      degree 2 and order 2    C
C    DPK(4) ... phase in degrees for      degree 3 and order 0    C
C    DPK(5) ... phase in degrees for      degree 3 and order 1    C
C    DPK(6) ... phase in degrees for      degree 3 and order 2    C
C    DPK(7) ... phase in degrees for      degree 3 and order 3    C
C    DPK(8) ... phase in degrees for      degree 4 and order 0    C
C    DPK(9) ... phase in degrees for      degree 4 and order 1    C
C    DPK(10) .. phase in degrees for      degree 4 and order 2    C
C    DPK(11) .. phase in degrees for      degree 4 and order 3    C
C    DPK(12) .. phase in degrees for      degree 4 and order 4    C
C                                                                    C
C    COMMON blocks:                                                C
C    -----                                                        C
C    /PLACE/, /DIR/, /EPOCH/, /COMP/, /CONST/, /ASTRE/, /NUMBS/,   C
C    /WAVES/ and /LOVE/                                           C
C                                                                    C
C    Used routines:                                                C
C    -----                                                        C
C    ETASTE: computes astronomic elements                         C
C    ETLOVE: computes latitude dependent elastic parameters       C
C                                                                    C
C    References:                                                    C
C    -----                                                        C
C    WILHELM, H. and W. ZUERN 1984: Tidal forcing field.          C
C        In: LANDOLT-BOERNSTEIN, Zahlenwerte und Funktionen aus   C
C        Naturwissenschaften und Technik, New series, group V,    C
C        Vol. 2, Geophysics of the Solid Earth, the Moon and the  C
C        Planets, Berlin 1984.                                     C

```

```

C      ZURN, W. and H. WILHELM 1984: Tides of the solid Earth. C
C      In: LANDOLT-BOERNSTEIN, Zahlenwerte und Funktionen aus C
C      Naturwissenschaften und Technik, New series, group V, Vol. C
C      2, Geophysics of the Solid Earth, the Moon and the Planets, C
C      Berlin 1984. C
C      SKALSKY, L. 1991: Calculation of theoretical values of the tidal C
C      strain components with respect to their practical use. C
C      Proc. from seminary 'Advances in gravimetry', December C
C      10-14, 1990, Smolenice. Slovak Academy of Sciences, C
C      Geophysical Institute, Bratislava 1991, pp. 179-184. C
C*****C
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (D)
      IMPLICIT INTEGER*4 (I-N)
      INTEGER*2 NS(8)
      CHARACTER CUNITS*5,CDARW*4,CDRW(1214)*4,CL*93,CLS*136
      DIMENSION DGK(12),DPK(12),DGX(12),DGY(12),DGZ(12),DNC(12),
1  DC(4),DIRCOS(3),DA(12),DB(12),DE(12),DHH(4),DX(3),
2  DAS(8),DASP(8),
3  NRW(1214),DFR(1214),DAM(3,1214),DPH(3,1214),DAF(2,1214)
      DIMENSION DGLAT(12),DHLAT(12),DKLAT(12),DLLAT(12),DTLAT(12)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      COMMON /CONST/ contains: C
C      DPI ..... 3.1415.... C
C      DPI2 .... 2.D0*DPI C
C      DRAD .... DPI/180.D0 C
C      DRO ..... 180.D0/DPI C
C      CL ..... 93 characters '-' C
C      CLS ..... 136 characters '-' C
C C
C      COMMON /NUMBS/ contains: C
C      NWNZAC ... number of tidal waves with non-zero amplit. coeff. C
C      NWNZA .... number of tidal waves with non-zero model amplitude C
C      NWA ..... number of tidal waves used for the adjustment C
C C
C      COMMON /WAVES/ contains: C
C      NRW ..... array (1..1214) of correspondent index of C
C      geodetic coefficient (1..12) C
C      CDRW ..... array (1..1214) of Darwin symbol of tidal waves C
C      (4 characters) C
C      DFR ..... array (1..1214) of latitude and frequency C
C      dependent Shida numbers L C
C      DAM ..... array (3,1..1214) of strain amplitude factors C
C      G(n,m) * R(i) C
C      DPH ..... array (3,1..1214) of strain phase increments DF(n,m) C
C      DAF ..... array (2,1..1214) of latitude and frequency C
C      dependent Love numbers h C
C C
C      COMMON /LOVE/ contains gravimeter factors, LOVE-numbers, SHIDA- C
C      numbers and tilt factors for degree 2..4 at latitude DLAT: C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      COMMON /PLACE/ DLAT,DLON,DHEIGHT,DGRAV
      COMMON /DIR/ DAZ,DEL
      COMMON /EPOCH/ ITY0,ITM0,ITD0,ITH0,DJULD0,DDT0
      COMMON /COMP/ DPOSIT,CUNITS
      COMMON /CONST/ DPI,DPI2,DRAD,DRO,CL,CLS
      COMMON /ASTRE/ DAS,DASP
      COMMON /NUMBS/ NWNZAC,NWNZA,NWA
      COMMON /WAVES/ NRW,CDRW,DFR,DAM,DPH,DAF
      COMMON /LOVE/ DOM0,DOMR,DGLAT,DGR,DHLAT,DHR,DKLAT,DKR,DLLAT,DLR,
1  DTLAT,DTR
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

```

```

C      Define parameters of Geodetic Reference System 1980:      C
C      DEA ... major semi axis in m                                C
C      DEE ... square of first excentricity (without dimension)    C
C      DEGM .. geocentric gravitational constant in m3/s2         C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DATA DEA/6378137.0D0/,DEE/6.6943800229D-3/,DEGM1/398600.5D0/
DEGM=DEGM1*1.D9
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Define astronomical parameters I.A.U. 1984:                C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DPAAR=3422.448D0
DMAS=1.D0/0.01230002D0
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Define DCLAT as cos and DSLAT as sin of ellipsoidal latitude: C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DCLAT=DCOS(DLAT*DRAD)
DSLAT=DSIN(DLAT*DRAD)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute normal gravity in m/s2:                            C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
IF(DGRAV.LT.9.5D0) DGRAV=9.78032677D0*(1.D0+0.001931851353D0*
1 DSLAT**2)/DSQRT(1.D0-DEE*DSLAT**2)-0.3086D-5*DHEIGHT
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute DOODSON's constant DDC in m2/s2:                  C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DR0=DEA*(1.D0-DEE/6.D0-5.D0*DEE**2/72.D0-DEE**3*55.D0/1296.D0)
DDC=DR0**2*0.75D0*DEGM/(DEA**3*DMAS)
DDC=DDC*(DPAAR*DRAD/3600.D0)**3
DF=DRO*3.600D-3/DGRAV
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute ellipsoidal curvature radius DN in m:                C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DN=DEA/DSQRT(1.D0-DEE*DSLAT**2)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute geocentric latitude DPSI in degrees:                C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DPSI=DRO*DATAN(((DN*(1.D0-DEE)+DHEIGHT)*DSLAT)/
1 ((DN+DHEIGHT)*DCLAT))
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute geocentric radius DR1 in m:                          C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DR1=DSQRT((DN+DHEIGHT)**2*DCLAT**2+(DN*(1.D0-DEE)+
1 DHEIGHT)**2*DSLAT**2)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute latitude dependent elastic parameters from WAHR-DEHANT- C
C      ZSCHAU model:                                                C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CALL ETLOVE
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Define DCDLAT as cos and DSDLAT as sin of difference        C
C      of ellipsoidal and geocentric latitude:                      C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DCPSI=DCOS(DPSI*DRAD)
DSPSI=DSIN(DPSI*DRAD)
DCDLAT=DCLAT*DCPSI+DSLAT*DSPSI
DSDLAT=DSLAT*DCPSI-DCLAT*DSPSI
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute geodetic coefficients for lineal strain at the      C
C      Earth's deformed surface in azimuth DAZ and under elevation DEL C
C      above horizontal plane in 10-9 units = 1E-9 (+ : expansion) C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

```



```

      DAF(2,IW)=DHLAT(IGF)
      DFR(IW)=DLLAT(IGF)
      IF(IGF.EQ.2) DAF(2,IW)=DAF(2,IW)+DHR*(DC3-DOM0)/(DOMR-DC3)
      IF(IGF.EQ.2) DFR(IW)=DFR(IW)+DLR*(DC3-DOM0)/(DOMR-DC3)
      GOTO 340
C-----
      380 CONTINUE
C++++ End of reading IUN14 = WAVES.TXT +++++
      NWNZAC=IW
      REWIND IUN14
C+++++
      DO 390 I=1,NWNZAC
        DAM(2,I)=0.0D0
      390 DPH(2,I)=0.0D0
C++++ End of I-loop +++++
      400 CONTINUE
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute cosinus and sinus of azimuth (DCAZ and DSAZ) C
C      and elevation (DCEL and DSEL): C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DCAZ=DCOS(DAZ*DRAD)
      DSAZ=DSIN(DAZ*DRAD)
      DCEL=DCOS(DEL*DRAD)
      DSEL=DSIN(DEL*DRAD)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute direction cosines DIRCOS(1-3) considering axis z = C
C      = direction of the radius-vector r (positive upwards), C
C      axis x and y in a plane perpendicular to z, C
C      axis x positive southward, axis y eastward: C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DIRCOS(1)=-DCDLAT*DCAZ*DCEL-DSDLAT*DSEL
      DIRCOS(2)= DSAZ*DCEL
      DIRCOS(3)= DCDLAT*DSEL-DSDLAT*DCAZ*DCEL
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute direction functions DC(1-4): C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DO 410 I=1,3
      410 DC(I)=DIRCOS(I)**2
C++++ End of I-loop +++++
      DC(4)=DIRCOS(1)*DIRCOS(2)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Define normalization constants k(n,m)=DNC(1-12): C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DNC(1)=0.5D0
      DNC(2)=1.D0
      DNC(3)=1.D0
      DNC(4)=1.118033989D0
      DNC(5)=0.726184377D0
      DNC(6)=2.598076211D0
      DNC(7)=1.D0
      DNC(8)=0.125D0
      DNC(9)=0.473473091D0
      DNC(10)=0.777777778D0
      DNC(11)=3.079201436D0
      DNC(12)=1.D0
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute geodetic coefficients Q(n,m)=DGX(1-12) and their first C
C      and second partial derivatives according to geocentric latitude C
C      DGY(1-12) and DGZ(1-12): C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DGX(1)=1.D0-3.D0*DPSI**2

```

```

DGX(2)=2.D0*DSPSI*DCPSI
DGX(3)=DCPSI*DCPSI
DGX(4)=(3.D0-5.D0*DSPSI**2)*DSPSI
DGX(5)=(1.D0-5.D0*DSPSI**2)*DCPSI
DGX(6)=DSPSI*DCPSI**2
DGX(7)=DCPSI**3
DGX(8)=3.D0-30.D0*DSPSI**2+35.D0*DSPSI**4
DGX(9)=2.D0*(3.D0-7.D0*DSPSI**2)*DSPSI*DCPSI
DGX(10)=(1.D0-7.D0*DSPSI**2)*DCPSI**2
DGX(11)=DSPSI*DCPSI**3
DGX(12)=DCPSI**4

C
DGY(1)=-6.D0*DSPSI*DCPSI
DGY(2)=2.D0*(1.D0-2.D0*DSPSI**2)
DGY(3)=-2.D0*DSPSI*DCPSI
DGY(4)=-3.D0*(5.D0*DSPSI**2-1.D0)*DCPSI
DGY(5)=(15.D0*DSPSI**2-11.D0)*DSPSI
DGY(6)=(1.D0-3.D0*DSPSI**2)*DCPSI
DGY(7)=-3.D0*DSPSI*DCPSI**2
DGY(8)=20.D0*(7.D0*DSPSI**2-3.D0)*DSPSI*DCPSI
DGY(9)=2.D0*(3.D0-27.D0*DSPSI**2+28.D0*DSPSI**4)
DGY(10)=4.D0*(7.D0*DSPSI**2-4.D0)*DSPSI*DCPSI
DGY(11)=(1.D0-4.D0*DSPSI**2)*DCPSI**2
DGY(12)=-4.D0*DSPSI*DCPSI**3

C
DGZ(1)=6.D0*(2.D0*DSPSI**2-1.D0)
DGZ(2)=-8.D0*DSPSI*DCPSI
DGZ(3)=2.D0*(2.D0*DSPSI**2-1.D0)
DGZ(4)=3.D0*(15.D0*DSPSI**2-11.D0)*DSPSI
DGZ(5)=(45.D0*DSPSI**2-11.D0)*DCPSI
DGZ(6)=(9.D0*DSPSI**2-7.D0)*DSPSI
DGZ(7)=3.D0*(3.D0*DSPSI**2-1.D0)*DCPSI
DGZ(8)=-20.D0*(3.D0-27.D0*DSPSI**2+28.D0*DSPSI**4)
DGZ(9)=4.D0*(56.D0*DSPSI**2-27.D0)*DSPSI*DCPSI
DGZ(10)=-4.D0*(4.D0-29.D0*DSPSI**2+28.D0*DSPSI**4)
DGZ(11)=-2.D0*(5.D0-8.D0*DSPSI**2)*DSPSI*DCPSI
DGZ(12)=4.D0*(4.D0*DSPSI**2-1.D0)*DCPSI**2
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute geodetic coefficients G'(n,m)=DGY(1-12)/DGX(1-12)      C
C      and G''(n,m)=DGZ(1-12)/DGX(1-12):                               C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 420 I=1,12
    DGY(I)=DGY(I)/DGX(I)
420 DGZ(I)=DGZ(I)/DGX(I)
C++++ End of I-loop +++++
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute geodetic coefficients G(n,m)=DGX(1-12), Gh(n,m)=DA(1-12),C
C      Gl1(n,m)=DB(1-12) and Gl2(n,m)=DE(1-12):                       C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 430 I=1,3
    DGX(I)=DGX(I)*DDCA*DNC(I)*DR1*1.D9/(DGRAV*DEA**2)
    DA(I)=DC(1)+DC(2)+DC(3)*(2.D0*(1.D0-DRA)-2.D0*DLAME*DRA)
    DB(I)=DC(1)*DGZ(I)-DC(2)*((DBLE(I-1)/DCPSI)**2+
1   DGY(I)*DSPSI/DCPSI)+6.D0*DC(3)*DRA*DLAME
430 DE(I)=DC(4)*(DBLE(2*(I-1))/DCPSI)*(DGY(I)+DSPSI/DCPSI)
C++++ End of I-loop +++++
DO 440 I=4,7
    DGX(I)=DGX(I)*DDCA*DNC(I)*DR1**2*1.D9/(DGRAV*DEA**3)
    DA(I)=DC(1)+DC(2)+DC(3)*(3.D0*(1.D0-DRA)-2.D0*DLAME*DRA)
    DB(I)=DC(1)*DGZ(I)-DC(2)*((DBLE(I-4)/DCPSI)**2+
1   DGY(I)*DSPSI/DCPSI)+12.D0*DC(3)*DRA*DLAME

```

```

440 DE(I)=DC(4)*(DBLE(2*(I-4))/DCPSI)*(DGY(I)+DSPSI/DCPSI)
C++++ End of I-loop +++++
DO 450 I=8,12
    DGX(I)=DGX(I)*DDCA*DNC(I)*DR1**3*1.D9/(DGRAV*DEA**4)
    DA(I)=DC(1)+DC(2)+DC(3)*(4.D0*(1.D0-DRA)-2.D0*DLAME*DRA)
    DB(I)=DC(1)*DGZ(I)-DC(2)*((DBLE(I-8)/DCPSI)**2+
1    DGY(I)*DSPSI/DCPSI)+20.D0*DC(3)*DRA*DLAME
450 DE(I)=DC(4)*(DBLE(2*(I-8))/DCPSI)*(DGY(I)+DSPSI/DCPSI)
C++++ End of I-loop +++++
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Compute geodetic coefficients DGK(I) [approximate values for      C
C    diurnal tidal waves] and phase increments DPK(I):                  C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 460 I=1,12
    DAI=DA(I)*DHLAT(I)+DB(I)*DLLAT(I)
    DBI=DE(I)*DLLAT(I)
    DGK(I)=DGX(I)*DSQRT(DAI**2+DBI**2)
460 DPK(I)=-DATAN2(DBI,DAI)*DRO
C++++ End of I-loop +++++
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Compute strain amplitude coefficients G(n,m)*R(i)=DAM(2,I) and      C
C    phase increments DF(i)=DPH(2,I) for all used tidal waves:          C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 480 I=1,NWNZAC
    IGF=NRW(I)
    DAI=DA(IGF)*DAF(2,I)+DB(IGF)*DFR(I)
C-----
    DBI=DE(IGF)*DFR(I)
    DAM(2,I)=DGX(IGF)*DSQRT(DAI**2+DBI**2)
    IF(DAI.NE.0.0D0.OR.DBI.NE.0.0D0) DPH(2,I)=-DATAN2(DBI,DAI)*DRO
    IF(DAM(2,I).GE.0.0D0) GOTO 480
C-----
    DAM(2,I)=-DAM(2,I)
    DPH(2,I)=DPH(2,I)+180.0D0
    IF(DPH(2,I).GT.360.0D0) DPH(2,I)=DPH(2,I)-360.0D0
    GOTO 480
C-----
480 CONTINUE
C++++ End of I-loop +++++
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Change of sign DGK() if DPOSIT = -1 (positive compression)        C
C    For negative geodetic coefficients use absolute value              C
C    and add 180 deg to the phase:                                       C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 2010 I=1,12
    DGK(I)=DPOSIT*DGK(I)
    IF(DGK(I).GE.0.D0) GOTO 2010
C-----
    DGK(I)=-DGK(I)
    DPK(I)=DPK(I)+180.D0
    IF(DPK(I).EQ.360.0D0) DPK(I)=0.0D0
    IF(DPK(I).LT.0.D0) DPK(I)=DPK(I)+360.D0
2010 CONTINUE
C++++ End of I-loop +++++
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Loop for strain components                                          C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 2040 I=1,NWNZAC
    DAM(2,I)=DAM(2,I)*DPOSIT
    IF(DAM(2,I).GE.0.D0) GOTO 2040
C-----

```

```

        DAM(2,I)=-DAM(2,I)
        DPH(2,I)=DPH(2,I)+180.D0
2040 CONTINUE
C++++ End of I-loop +++++
C-----
        RETURN
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Format statements
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
7910 FORMAT (I4)
7920 FORMAT (I4,10I2,3F8.5,1X,A4,F8.5,3F9.6)
        END
C
        SUBROUTINE ETLOVE
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C      Routine ETLOVE - version LM 2015 FORTRAN 77
C
C      The routine computes latitude dependent LOVE-numbers DH, DK,
C      SHIDA-numbers DL, gravimetric factors DG and tilt factors DT
C      using the WAHR-DEHANT-ZSCHAU model.
C
C      The NDFW (Near Diurnal Free Wobble) or FCN (Free Core Nutation)
C      resonance for diurnal waves derived from the tidal potential
C      of the 2nd order is approximated by the general equation
C       $EPW = EP0 + EPR * (DOM - DOM0)/(DOMR - DOM)$ ,
C      where EPW is elastic parameter (h, k, l, G, T) computed
C      for the tidal wave with the frequency DOM,
C      EP0 is corresponding basic "class" parameter for all
C      the diurnal waves,
C      EPR is the resonance faktor for elastic parameter
C      taken into account,
C      DOM0 is the frequency of the tidal wave 01 and
C      DOMR is the resonance frequency.
C
C      Gravimetric amplitude factors, LOVE numbers h and k for degree
C      0...3 have been taken from DEHANT 1987, Table 7, 8 and 9
C      for an elliptical, uniformly rotating, oceanless Earth with
C      liquid outer core and inelastic mantle (PREM Earth model with
C      inelastic mantle from ZSCHAU 1987 and for the fourth degree from
C      DEHANT et al. 1989, Table 6). The resonance factors EPR have
C      been computed to fit the difference between body tide amplitude
C      factors at 01 and PSI1 from DEHANT 1987, PREM model with
C      inelastic mantle (Table 1...3). The NDFW resonance frequency is
C      15.073729 degree per hour = 1.004915267 CPD UT, taken from
C      WAHR 1981 (because it is not given in DEHANT's papers).
C
C
C      COMMON blocks: /PLACE/, /DIR/, /CONST/ and /LOVE/
C      -----
C
C      Description of COMMON block /LOVE/:
C      -----
C      DOM0 ... frequency of 01 in degree per hour
C      DOMR ... frequency of the FCN eigenfrequency in degree per hour
C      DGLAT .. array(1..12) containing the gravimetric factors at
C      latitude DLAT
C      DGR .... resonance factor for gravimetric factors
C      DHLAT .. array(1..12) containing the LOVE-numbers h at
C      latitude DLAT
C      DHR .... resonance factor for the LOVE-number h(2,1)

```

```

C      DKLAT .. array(1..12) containing the LOVE-numbers k at          C
C      latitude DLAT                                                    C
C      DKR .... resonance factor for the LOVE-number k(2,1)            C
C      DLLAT .. array(1..12) containing the SHIDA-numbers l at          C
C      latitude DLAT                                                    C
C      DLR .... resonance factor for the SHIDA-number l(2,1)            C
C      DTLAT .. array(1..12) containing the tilt factors at              C
C      latitude DLAT                                                    C
C
C      References:                                                        C
C      -----                                                            C
C      WAHR, J.M. 1981: Body tides on an elliptical, rotating, elastic C
C      and oceanless earth. Geophysical Journal of the Royal            C
C      astronomical Society, vol. 64, 677-703, 1981.                      C
C      DEHANT, V. 1987: Tidal Parameters for an Inelastic Earth.         C
C      Physics of the Earth and Planetary Interiors, 49, 97-116,         C
C      1987.                                                              C
C      ZSCHAU, J. and R. WANG 1987: Imperfect elasticity in the Earth's C
C      mantle. Implications for Earth tides and long period              C
C      deformations. Proceedings of the 9th International Sym-           C
C      posium on Earth Tides, New York 1987, pp. 605-629, editor        C
C      J.T. KUO, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart      C
C      1987.                                                              C
C
C*****C
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (D)
      IMPLICIT INTEGER*4 (I-N)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      The following DIMENSION statement is concerning the elastic        C
C      Earth model for the different degree and order constituents:       C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DIMENSION DG0(12),DGP(12),DGM(12)
      DIMENSION DH0(12),DHP(12),DHM(12)
      DIMENSION DK0(12),DKP(12),DKM(12)
      DIMENSION DL0(12),DLP(12),DLM(12)
      DIMENSION DLATP(12),DLATM(12)
      DIMENSION DGLAT(12),DHLAT(12),DKLAT(12),DLLAT(12),DTLAT(12)
      CHARACTER CL*93,CLS*136
C-----C
      COMMON /PLACE/ DLAT,DLON,DHEIGHT,DGRAV
      COMMON /DIR/ DAZ,DEL
      COMMON /CONST/ DPI,DPI2,DRAD,DRO,CL,CLS
      COMMON /LOVE/ DOM0,DOMR,DGLAT,DGR,DHLAT,DHR,DKLAT,DKR,DLLAT,DLR,
1 DTLAT,DTR
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      The following DATA statements are concerning the elastic          C
C      Earth model for the different degree and order constituents:       C
C      The latitude dependency is not given for all constituents in        C
C      the WAHR-DEHANT-ZSCHAU model !!!!!!!                              C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DATA DG0/1.1576D0,1.1542D0,1.1600D0,1.0728D0,1.0728D0,1.0728D0,
1 1.0728D0,1.0363D0,1.0363D0,1.0363D0,1.0363D0,1.0363D0/
      DATA DGP/-0.0016D0,-0.0018D0,-0.0010D0,0.D0,0.D0,0.D0,-0.0010D0,
1 0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,-0.000315D0/
      DATA DGM/0.0054D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,
1 0.D0,0.D0/
      DATA DH0/0.6165D0,0.6069D0,0.6133D0,0.2946D0,0.2946D0,0.2946D0,
1 0.2946D0,0.1807D0,0.1807D0,0.1807D0,0.1807D0,0.1807D0/
      DATA DHP/0.0007D0,0.0007D0,0.0005D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.0003D0,
1 0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.00015D0/
      DATA DHM/0.0018D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,
1 0.D0,0.D0/

```

```

1 0.D0,0.D0/
  DATA DK0/0.3068D0,0.3009D0,0.3034D0,0.0942D0,0.0942D0,0.0942D0,
1 0.0942D0,0.0427D0,0.0427D0,0.0427D0,0.0427D0,0.0427D0/
  DATA DKP/0.0015D0,0.0014D0,0.0009D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.0007D0,
1 0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.00066D0/
  DATA DKM/-0.0004D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,
1 0.D0,0.D0/
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      SHIDA-numbers: C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
  DATA DL0/ 0.0840D0,0.0841D0,0.0852D0,0.0149D0,0.0149D0,0.0149D0,
1 0.0149D0,0.0100D0,0.0100D0,0.0100D0,0.0100D0,0.0100D0/
  DATA DLP/-0.002D0,-0.002D0,-0.001D0,0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,
1 0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0/
  DATA DLM/ 0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,
1 0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0/
  DATA DLATP/0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,
1 0.D0,0.D0/
  DATA DLATM/0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,0.D0,
1 0.D0,0.D0/
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Define parameters of Geodetic Reference System 1980: C
C      DEA ... major semi axis [in m] C
C      DEE ... square of first excentricity (without dimension) C
C      DEGM .. geocentric gravitational constant [in m*3/s**2] C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
  DATA DEA/6378137.00D0/,DEE/6.69438002290D-3/
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Define resonance frequency and resonance factors: C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
  DOMR=15.073729D0
  DOM0=13.943036D0
  DGR =-0.000625D0
  DHR =-0.002505D0
  DKR =-0.001261D0
  DLR =0.0000781D0
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Define DCLAT as cos and DSLAT as sin of ellipsoidal latitude: C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
  DCLAT=DCOS(DLAT*DRAD)
  DSLAT=DSIN(DLAT*DRAD)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute ellipsoidal curvature radius DN [in m]: C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
  DN=DEA/DSQRT(1.D0-DEE*DSLAT**2)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute geocentric latitude DPSI [in degrees]: C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
  DPSI=DRO*DATAN(((DN*(1.D0-DEE)+DHEIGHT)*DSLAT)/
1 ((DN+DHEIGHT)*DCLAT))
  DTHET=90.D0-DPSI
  DCT=DCOS(DTHET*DRAD)
  DCT2=DCT*DCT
  DLATP(1)=0.335410D0*(35.D0*DCT2*DCT2-30.D0*DCT2+3.D0)/
1 (3.D0*DCT2-1.D0)
  DLATM(1) =0.894427D0/(3.D0*DCT2-1.D0)
  DLATP(2) =0.612372D0*(7.D0*DCT2-3.D0)
  DLATP(3) =0.866025D0*(7.D0*DCT2-1.D0)
  DLATP(7) =0.829156D0*(9.D0*DCT2-1.D0)
  DLATP(12)=0.806226D0*(11.D0*DCT2-1.D0)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

```

```

C      Compute latitude dependent gravimeter factors DG:
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 10 I=1,12
  10 DGLAT(I)=DG0(I)+DGP(I)*DLATP(I)+DGM(I)*DLATM(I)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute latitude dependent LOVE-numbers DH (for vertical
C      displacement):
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 20 I=1,12
  20 DHLAT(I)=DH0(I)+DHP(I)*DLATP(I)+DHM(I)*DLATM(I)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute latitude dependent LOVE-numbers DK:
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 30 I=1,12
  30 DKLAT(I)=DK0(I)+DKP(I)*DLATP(I)+DKM(I)*DLATM(I)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute latitude dependent SHIDA-numbers DL:
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 40 I=1,12
  40 DLLAT(I)=DL0(I)+DLP(I)*DLATP(I)+DLM(I)*DLATM(I)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute latitude dependent tilt factors DT:
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 50 I=1,12
  DTLAT(I)=1.D0+DK0(I)-DH0(I)+DLATP(I)*(DKP(I)-DHP(I))+
  1  DLATM(I)*(DKM(I)-DHM(I))
  50 CONTINUE
C++++ End of I-loop +++++
DTR=DKR-DHR
RETURN
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Format statements:
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
END

C
      SUBROUTINE ETMUTC(DTUJD,DDT,DJULDN)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C      Routine ETMUTC - version LM 2015 FORTRAN 77
C
C      The routine ETMUTC computes the difference DDT [s] between
C      Ephemeridal Time ET (till 1977) or Terrestrial Dynamical Time
C      TDT (till 200?) or Terrestrial Time TT (since 200?) and
C      Universal Time UT (till 1964) or Coordinated Universal Time UTC
C      (since 1965) for the moment given by the Julian date DTUJD
C      (number of days elapsed from the beginning of the Julian period
C      12:00 ET) to the given moment.
C
C      Input parameter description:
C      -----
C      DTUJD ... Julian date of the given moment (see above)
C
C      Output parameter description:
C      -----
C      DDT .... difference ET-UT = ET-UTC = TDT-UTC = TT-UTC [s]
C                For epochs < 1955.5, DDT is quadratically extrapolated
C                For epochs > 2005.99999, DDT = DTAB(3,NTAB)
C                                     (last tabulated value)
C      DJULDN .. Julian date of the next jump of UTC after DTUJD
C
C      COMMON blocks: /JDEXT/

```



```

C      -----
C
C      From 1999 onwards, table DTAB has been updated using data from
C      The Astronomical Almanac for the Year 2013 (section K9).
C
C      The table DTAB has to be extended, when new data are available
C      Change parameter NTAB and DIMENSIONS !!!
C
C      Reference:
C      -----
C      Astronomical Almanac for the Year 2013 and Its Companion, the
C      Astronomical Almanac Online, U.S. Nautical Almanac Office, 2012,
C      U.S. Government Printing Office.
C
C*****
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (D)
      IMPLICIT INTEGER*4 (I-N)
      DIMENSION DTAB(3,105),DTAB1(3,20),DTAB2(3,20),DTAB3(3,20),
      1 DTAB4(3,20),DTAB5(3,20),DTAB6(3,5)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      COMMON /JDEXT/:
C      JDMIN ... former use of DTUJD lesser than first tabulated epoch
C      in the table with time differences DDT
C      JDMIN = 0: NO
C      JDMIN = 1: YES
C      JDMAX ... former use of DTUJD greater than last tabulated epoch
C      in the table with time differences DDT
C      JDMAX = 0: NO
C      JDMAX = 1: YES
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      COMMON /JDEXT/ JDMIN,JDMAX
      EQUIVALENCE (DTAB(1,1), DTAB1(1,1)),(DTAB(1,21),DTAB2(1,1)),
      1 (DTAB(1,41),DTAB3(1,1)),(DTAB(1,61),DTAB4(1,1)),
      2 (DTAB(1,81),DTAB5(1,1)),(DTAB(1,101),DTAB6(1,1))
      SAVE NTAB,DTAB
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      DTAB(1,I) is the calendar year (in decimal form),
C      DTAB(2,I) is the JULIAN date (in days), and
C      DTAB(3,I) is the difference DDT = ET-UT = TDT-UTC = TT-UTC [s]
C      as taken from the Astronomical Ephemeris or from the
C      Bulletin of the International Earth Rotation Service:
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DATA DTAB1/ 1955.50000D0, 2435289.50000D0, 31.590D0,
      1 1956.50000D0, 2435655.50000D0, 32.060D0,
      2 1957.50000D0, 2436020.50000D0, 31.820D0,
      3 1958.50000D0, 2436385.50000D0, 32.690D0,
      4 1959.50000D0, 2436750.50000D0, 33.050D0,
      5 1960.50000D0, 2437116.50000D0, 33.160D0,
      6 1961.50000D0, 2437481.50000D0, 33.590D0,
      7 1962.00000D0, 2437665.50000D0, 34.032D0,
      8 1962.50000D0, 2437846.50000D0, 34.235D0,
      9 1963.00000D0, 2438030.50000D0, 34.441D0,
      * 1963.50000D0, 2438211.50000D0, 34.644D0,
      1 1964.00000D0, 2438395.50000D0, 34.950D0,
      2 1964.50000D0, 2438577.50000D0, 35.286D0,
      3 1965.00000D0, 2438761.50000D0, 35.725D0,
      4 1965.50000D0, 2438942.50000D0, 36.160D0,
      5 1966.00000D0, 2439126.50000D0, 36.498D0,
      6 1966.50000D0, 2439307.50000D0, 36.968D0,
      7 1967.00000D0, 2439491.50000D0, 37.444D0,
      8 1967.50000D0, 2439672.50000D0, 37.913D0,

```

9	1968.00000D0,	2439856.50000D0,	38.390D0/
DATA DTAB2/	1968.25000D0,	2439947.50000D0,	38.526D0,
1	1968.50000D0,	2440038.50000D0,	38.760D0,
2	1968.75000D0,	2440130.50000D0,	39.000D0,
3	1969.00000D0,	2440222.50000D0,	39.238D0,
4	1969.25000D0,	2440312.50000D0,	39.472D0,
5	1969.50000D0,	2440403.50000D0,	39.707D0,
6	1969.75000D0,	2440495.50000D0,	39.946D0,
7	1970.00000D0,	2440587.50000D0,	40.185D0,
8	1970.25000D0,	2440677.50000D0,	40.420D0,
9	1970.50000D0,	2440768.50000D0,	40.654D0,
*	1970.75000D0,	2440860.50000D0,	40.892D0,
1	1971.00000D0,	2440952.50000D0,	41.131D0,
2	1971.08500D0,	2440983.50000D0,	41.211D0,
3	1971.16200D0,	2441011.50000D0,	41.284D0,
4	1971.24700D0,	2441042.50000D0,	41.364D0,
5	1971.32900D0,	2441072.50000D0,	41.442D0,
6	1971.41400D0,	2441103.50000D0,	41.522D0,
7	1971.49600D0,	2441133.50000D0,	41.600D0,
8	1971.58100D0,	2441164.50000D0,	41.680D0,
9	1971.66600D0,	2441195.50000D0,	41.761D0/
DATA DTAB3/	1971.74800D0,	2441225.50000D0,	41.838D0,
1	1971.83300D0,	2441256.50000D0,	41.919D0,
2	1971.91500D0,	2441286.50000D0,	41.996D0,
3	1971.99999D0,	2441317.49999D0,	42.184D0,
4	1972.00000D0,	2441317.50000D0,	42.184D0,
5	1972.49999D0,	2441499.49999D0,	42.184D0,
6	1972.50000D0,	2441499.50000D0,	43.184D0,
7	1972.99999D0,	2441683.49999D0,	43.184D0,
8	1973.00000D0,	2441683.50000D0,	44.184D0,
9	1973.99999D0,	2442048.49999D0,	44.184D0,
*	1974.00000D0,	2442048.50000D0,	45.184D0,
1	1974.99999D0,	2442413.49999D0,	45.184D0,
2	1975.00000D0,	2442413.50000D0,	46.184D0,
3	1975.99999D0,	2442778.49999D0,	46.184D0,
4	1976.00000D0,	2442778.50000D0,	47.184D0,
5	1976.99999D0,	2443144.49999D0,	47.184D0,
6	1977.00000D0,	2443144.50000D0,	48.184D0,
7	1977.99999D0,	2443509.49999D0,	48.184D0,
8	1978.00000D0,	2443509.50000D0,	49.184D0,
9	1978.99999D0,	2443874.49999D0,	49.184D0/
DATA DTAB4/	1979.00000D0,	2443874.50000D0,	50.184D0,
1	1979.99999D0,	2444239.49999D0,	50.184D0,
2	1980.00000D0,	2444239.50000D0,	51.184D0,
3	1981.49999D0,	2444786.49999D0,	51.184D0,
4	1981.50000D0,	2444786.50000D0,	52.184D0,
5	1982.49999D0,	2445151.49999D0,	52.184D0,
6	1982.50000D0,	2445151.50000D0,	53.184D0,
7	1983.49999D0,	2445516.49999D0,	53.184D0,
8	1983.50000D0,	2445516.50000D0,	54.184D0,
9	1985.49999D0,	2446247.49999D0,	54.184D0,
*	1985.50000D0,	2446247.50000D0,	55.184D0,
1	1987.99999D0,	2447161.49999D0,	55.184D0,
2	1988.00000D0,	2447161.50000D0,	56.184D0,
3	1989.99999D0,	2447892.49999D0,	56.184D0,
4	1990.00000D0,	2447892.50000D0,	57.184D0,
5	1990.99999D0,	2448257.49999D0,	57.184D0,
6	1991.00000D0,	2448257.50000D0,	58.184D0,
7	1992.49999D0,	2448804.49999D0,	58.184D0,
8	1992.50000D0,	2448804.50000D0,	59.184D0,
9	1993.49999D0,	2449169.49999D0,	59.184D0/

```

DATA DTAB5/ 1993.50000D0, 2449169.50000D0, 60.184D0,
1 1994.49999D0, 2449534.49999D0, 60.184D0,
2 1994.50000D0, 2449534.50000D0, 61.184D0,
3 1995.99999D0, 2450083.49999D0, 61.184D0,
4 1996.00000D0, 2450083.50000D0, 62.184D0,
5 1997.49999D0, 2450630.49999D0, 62.184D0,
6 1997.50000D0, 2450630.50000D0, 63.184D0,
7 1998.99999D0, 2451179.49999D0, 63.184D0,
8 1999.00000D0, 2451179.50000D0, 63.470D0,
9 2000.00000D0, 2451544.50000D0, 63.830D0,
* 2001.00000D0, 2451910.50000D0, 64.090D0,
1 2002.00000D0, 2452275.50000D0, 64.300D0,
2 2003.00000D0, 2452640.50000D0, 64.470D0,
3 2004.00000D0, 2453005.50000D0, 64.570D0,
4 2005.00000D0, 2453371.50000D0, 64.690D0,
5 2006.00000D0, 2453736.50000D0, 64.850D0,
6 2007.00000D0, 2454101.50000D0, 65.150D0,
7 2008.00000D0, 2454466.50000D0, 65.460D0,
8 2009.00000D0, 2454832.50000D0, 65.780D0,
9 2010.00000D0, 2455197.50000D0, 66.070D0/
DATA DTAB6/ 2011.00000D0, 2455562.50000D0, 66.320D0,
1 2012.00000D0, 2455927.50000D0, 66.600D0,
2 2013.00000D0, 2456293.50000D0, 66.900D0,
3 2014.00000D0, 2456658.50000D0, 67.000D0,
4 2015.00000D0, 2457023.50000D0, 68.000D0/
DATA NTAB/105/
C-----
IF(DTUJD.GE.DTAB(2,1)) GOTO 10
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C DTUJD precedes the first tabulated epoch DTAB(2,1) [1955.5]: C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DDJD=DTUJD-DTAB(2,1)
DDT=31.642D0+4.59205153D-4*DDJD+2.1467D-7*DDJD*DDJD
DJULDN=DTUJD
JDMIN=1
RETURN
C-----
10 IF(DTUJD.LE.DTAB(2,NTAB)) GOTO 20
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C DTUJD exceeds the last tabulated epoch DTAB(2,NTAB) [2015.00000]:C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DDT=DTAB(3,NTAB)
DJULDN=DTUJD
JDMAX=1
RETURN
C+++++
20 DO 50 I=1,NTAB
IF(DTUJD-DTAB(2,I)) 40,30,50
C-----
30 DDT=DTAB(3,I)
DJULDN=DTAB(2,I+1)
RETURN
C-----
40 N=I-1
GOTO 60
C-----
50 CONTINUE
C++++ End of I loop +++++
60 DDT=(DTAB(3,N+1)*(DTUJD-DTAB(2,N))-DTAB(3,N)*(DTUJD-DTAB(2,N+1)))/
1 (DTAB(2,N+1)-DTAB(2,N))
DJULDN=DTAB(2,N+1)

```

RETURN
END

```

C
C      COMMON blocks:
C      -----
C      /PLACE/, /DIR/, /EPOCH/, /COMP/, /CONST/, /ASTRE/,
C      /NUMBS/, /WAVES/, /SUMS/ and /LOVE/
C
C      Used routines:
C      -----
C      ETASTE: computes astronomic elements
C      ETGCOF: computes geodetic coefficients and also astronomic
C              elements and LOVE and SHIDA numbers for all tidal
C              waves taken into account
C      ETLOVE: computes latitude dependent elastic parameters (called
C              by ETGCOF)
C
C*****
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (D)
      IMPLICIT INTEGER*4 (I-N)
      CHARACTER CUNITS*5,CDARW*4,CL*93,CLS*136
      INTEGER*2 NS(8)
      DIMENSION DX(3),DHH(4),DAS(8),DASP(8)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      The following DIMENSION statements are concerning the number of
C      waves of the tidal potential development, which is 1214:
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      INTEGER*4 NRW(1214)
      CHARACTER CDRW(1214)*4
      DIMENSION DFR(1214),DAM(3,1214),DPH(3,1214),DAF(2,1214)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      The following DIMENSION statements are concerning the elastic
C      Earth model for the different degree and order constituents:
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DIMENSION DELTA(12),DGK(12),DPK(12)
      DIMENSION DGLAT(12),DHLAT(12),DKLAT(12),DLLAT(12),DTLAT(12)
C-----
      COMMON /PLACE/ DLAT,DLON,DHEIGHT,DGRAV
      COMMON /DIR/ DAZ,DEL
      COMMON /EPOCH/ ITY0,ITM0,ITD0,ITH0,DJULD0,DDT0
      COMMON /COMP/ DPOSIT,CUNITS
      COMMON /CONST/ DPI,DPI2,DRAD,DRO,CL,CLS
      COMMON /ASTRE/ DAS,DASP
      COMMON /NUMBS/ NWNZAC,NWNZA,NWA
      COMMON /WAVES/ NRW,CDRW,DFR,DAM,DPH,DAF
      COMMON /SUMS/ DSAMR,DSAMW
      COMMON /LOVE/ DOM0,DOMR,DGLAT,DGR,DHLAT,DHR,DKLAT,DKR,DLLAT,DLR,
1 DTLAT,DTR
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute geodetic coefficients, latitude and frequency
C      dependent LOVE (h) and SHIDA (l) numbers,
C      body tide amplitude factors and phase increments
C      for the WAHR-DEHANT-ZSCHAU model.
C      The NDFW (Near Diurnal Free Wobble) or FCN (Free Core Nutation)
C      resonance for diurnal waves derived from the tidal potential
C      of the 2nd order is approximated by the general equation
C      
$$EPW = EP0 + EPR * (DOM - DOM0) / (DOMR - DOM),$$

C      where EPW is elastic parameter (h, k, l, G, T) computed
C      for the tidal wave with the frequency DOM,
C      EP0 is corresponding basic "class" parameter for all
C      the diurnal waves,
C      EPR is the resonance factor for elastic parameter
C      taken into account,

```

```

C          DOM0 is the frequency of the tidal wave O1 and          C
C          DOMR is the resonance frequency.                          C
C                                                                    C
C      Gravimetric amplitude factors, LOVE numbers h and k for zero to C
C      third degree tidal potential have been taken from DEHANT 1987, C
C      table 7, 8 and 9 for elliptical, uniformly rotating, oceanless C
C      Earth with liquid outer core and inelastic mantle (PREM Earth C
C      model with inelastic mantle from ZSCHAU) and for the fourth C
C      degree from DEHANT et al. 1989, table 6). The resonance factors C
C      EPR have been computed to fit the difference between body tide C
C      amplitude factors at waves O1 and PS11 from DEHANT 1987, PREM C
C      model with elastic mantle (table 1...3). The NDFW resonance C
C      frequency is 15.073729 degree per hour = 1.004915267 CPD UT, C
C      taken from WAHR 1981 (because it is not given in any of DEHANT's C
C      papers).                                                    C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      CALL ETGCOF(IUN14,IPOT,DGK,DPK)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Define default body tide amplitude factors:
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DO 50 I=1,12
      50 DELTA(I)=1.D0
C++++ End of I-loop +++++
      DELTAR=0.D0
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute time intervals DT (from 31.12.1899 12 h ET) and DT2000 C
C      (from 1.1.2000 12 h TDT) to initial epoch [in JULIAN centuries]: C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DT=(DJULD0-2415020.D0+DDT0/86400.D0)/36525.D0
      DT2000=(DJULD0-2451545.D0+DDT0/86400.D0)/36525.D0
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute interpolation factors for CTE 1973 potential          C
C      coefficients at start epoch by linear least squares          C
C      interpolation (see WENZEL 1976):                                C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DX(1)=0.550376D0-1.173312D0*DT
      DX(2)=0.306592D0+0.144564D0*DT
      DX(3)=0.143033D0+1.028749D0*DT
      READ(IUN14,7930) NW
      IF(NW.GT.1214) GOTO 4000
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute basic characteristics of tidal waves for Rigid Earth C
C      model (M=1) and WDW model (M=2):                              C
C      DFR(I) ..... frequencies                                     C
C      DAM(M,I) ... amplitudes                                       C
C      DPH(M,I) ... phases                                           C
C      DAF(1,I) ... amplitude factors for WDW model                 C
C      FOR IMODEL=0: only M=1 will be used                           C
C      FOR IMODEL=1,2: only M=2 will be used                         C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DSH1=0.D0
      DSH2=0.D0
      DSH3=0.D0
      DSHC=0.D0
      DSHD=0.D0
      DSHT=0.D0
      DSHB=0.D0
      DSAMR=0.D0
      DSAMW=0.D0
      NWNZA=0

```



```

C      ih      .... hour UTC      in INTEGER form      C
C      imin    .... minute       in INTEGER form      C
C      dsec    .... second       in DOUBLE PRECISION form C
C
C      Output parameter description:      C
C      -----      C
C      JDAY     ....julian day number in DOUBLE PRECISION form C
C
C
C      This routine works only for years iyyy between 1901 and 2099      C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      INTEGER J1,id,iyyy,mm,ih,imin
      DOUBLE PRECISION JDAY,J0,UT,dsec
C      Compute J0, julian day number at 0h UT:
      J1 = 7*(iyyy + INT((mm+9)/12))
      J0 = 367*iyyy - INT(J1/4) + INT((275*mm)/9) + id + 1721013.5
C      Compute day fraction in hours:
      UT = DBLE(ih) + (DBLE(imin)/60.0D0) + (dsec/3600.0D0)
C      Compute julian day number JDAY:
      JDAY = J0 + UT/24.0D0
      return
      END
C
      SUBROUTINE MAXGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
      1DCX,DFBX,DTMAX,DMAXGOLDEN)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C      Routine MAXGOLDEN - version LM 2015 FORTRAN 77      C
C
C      Given a bracketing triplet of times DAX,DBX,DCX such that DBX is C
C      between DAX and DCX and tidal stress evaluated in DBX (using      C
C      routine STRESS) is greater than tidal stresses evaluated in both C
C      times DAX and DCX, routine MAXGOLDEN performs a golden section      C
C      search for the maximum tidal stress value.      C
C
C
C      Input parameter description:      C
C      -----      C
C
C      IUN14 .. formatted unit (file WAVES.TXT), on which the      C
C      characteristics of up to 1200 tidal waves from 4      C
C      different tidal potential development are stored      C
C      (for the use of STRESS routine)      C
C
C      DCOEF .. coefficient for output model tide values (for the use      C
C      of STRESS routine)      C
C
C      IPOT ... parameter for the used tidal potential model      C
C      IPOT = 0: DOODSON 1921      tidal potential      C
C      IPOT = 1: CTED 1973      tidal potential      C
C      IPOT = 2: TAMURA 1987      tidal potential      C
C      IPOT = 3: BUELLESFELD 1985 tidal potential      C
C      (for the use of STRESS routine)      C
C
C      IMODEL.. parameter for selecting Earth tide model      C
C      for computation of model tidal variations      C
C      IMODEL = 1: global elastic Earth model      C
C      (WAHR-DEHANT-ZSCHAU)      C
C      IMODEL = 2: local elastic Earth model      C
C      (using local tidal parameters)      C
C      (for the use of STRESS routine)      C

```

```

C
C      IWAL.... characteristic of the use of tidal waves outside      C
C      given NGR groups, for which default tidal parameters      C
C      for Wahr-Dehant-Zschau global elastic Earth tide model    C
C      will be used.                                              C
C      IWAL=0: These waves have not to be used (only tidal      C
C      waves within given range of NGR groups will be taken      C
C      into account)                                              C
C      IWAL=1: These waves have been taken into account          C
C      (for the use of STRESS routine)                            C
C
C
C      ITYPE... parameter for the chosen type of tidal stress      C
C      ITYPE = 1: Tidal Coulomb Failure Stress (CFS)              C
C      ITYPE = 2: Tidal Stress in the fault slip direction        C
C      ITYPE = 3: Tidal Stress in the direction normal to the    C
C      fault                                                       C
C
C      DAX,DBX,DCX .. triplet of times (julian day number) bracketing a C
C      maximum in the tidal stress evaluated using routine        C
C      STRESS. Times are in double precision form.                C
C
C      DFBX ... tidal stress evaluated for time DBX using routine  C
C      STRESS, in double precision form                            C
C
C
C      Output parameter description:                               C
C      -----                                                    C
C
C      DTMAX .. Time abscissa of tidal stress maximum, in double  C
C      precision form                                              C
C
C      DMAXGOLDEN .. maximum tidal stress value, in double precision C
C
C      Used routines:                                              C
C      -----                                                    C
C
C      STRESS:  computes tidal stresses of types ITYPE = 1 - 3    C
C      for a point of given coordinates (time, latitude,          C
C      longitude, height and focal mechanism)                     C
C
C      Common blocks:                                              C
C      -----                                                    C
C
C      /PLACE/, /TIME/, /FAULT/, /COMP/, /CONST/ and /GROUPS/    C
C
C
C      Reference:                                                  C
C      -----                                                    C
C      WILLIAM H. PRESS et al., 1992. Numerical Recipes in Fortran 77 C
C      (second edition), pp. 387-395. Cambridge University Press. C
C
C
C      CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC C
C      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (D)                               C
C      CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC C
C      The following statements are necessary for the right passing of C
C      parameters between MAXGOLDEN and STRESS                     C
C      CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC C
C      CHARACTER CUNITS*5,CL*93,CLS*136

```



```

        DTMAX = DX1
    ELSE
        DMAXGOLDEN = DF2
        DTMAX = DX2
    ENDIF
    RETURN
END

C
    SUBROUTINE MINGOLDEN(IUN14,DCOEF,IPOT,IMODEL,IWAL,ITYPE,DAX,DBX,
    1DCX,DFBX,DTMIN,DMINGOLDEN)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C    Routine MINGOLDEN - version LM 2015 FORTRAN 77
C
C    Given a bracketing triplet of times DAX,DBX,DCX such that DBX is
C    between DAX and DCX and tidal stress evaluated in DBX (using
C    routine STRESS) is less than tidal stresses evaluated in both
C    times DAX and DCX, routine MINGOLDEN performs a golden section
C    search for the minimum tidal stress value.
C
C
C    Input parameter description:
C    -----
C
C    IUN14 .. formatted unit (file WAVES.TXT), on which the
C             characteristics of up to 1200 tidal waves from 4
C             different tidal potential development are stored
C             (for the use of STRESS routine)
C
C    DCOEF .. coefficient for output model tide values (for the use
C             of STRESS routine)
C
C    IPOT ... parameter for the used tidal potential model
C             IPOT = 0: DOODSON 1921      tidal potential
C             IPOT = 1: CTED 1973         tidal potential
C             IPOT = 2: TAMURA 1987      tidal potential
C             IPOT = 3: BUELLESFELD 1985 tidal potential
C             (for the use of STRESS routine)
C
C    IMODEL.. parameter for selecting Earth tide model
C             for computation of model tidal variations
C             IMODEL = 1: global elastic Earth model
C                     (WAHR-DEHANT-ZSCHAU)
C             IMODEL = 2: local elastic Earth model
C                     (using local tidal parameters)
C             (for the use of STRESS routine)
C
C    IWAL.... characteristic of the use of tidal waves outside
C             given NGR groups, for which default tidal parameters
C             for Wahr-Dehant-Zschau global elastic Earth tide model
C             will be used.
C             IWAL=0: These waves have not to be used (only tidal
C                   waves within given range of NGR groups will be
C                   taken into account)
C             IWAL=1: These waves have been taken into account
C                   (for the use of STRESS routine)
C
C
C    ITYPE... parameter for the chosen type of tidal stress
C             ITYPE = 1: Tidal Coulomb Failure Stress (CFS)
C             ITYPE = 2: Tidal Stress in the fault slip direction

```



```

C      tidal normal stress and tidal stress in the fault slip direction C
C      for a point of given coordinates (latitude, longitude, height C
C      and focal mechanism). C
C      This routine uses model tidal strain components calculated using C
C      different tidal potential developments (DOODSON 1921 with 378 C
C      waves, CARTWRIGHT-TAYLER-EDDEN 1973 with 505 waves, TAMURA 1987 C
C      with 1200 waves, or BUELLESFELD 1985 with 665 waves). C
C
C      Input parameter description: C
C      ----- C
C
C      IUN14 .. formatted unit (file WAVES.TXT), on which the C
C      characteristics of up to 1200 tidal waves from 4 C
C      different tidal potential development are stored C
C
C      DCOEF .. coefficient for output model tide values C
C
C      IPOT ... parameter for the used tidal potential model C
C      IPOT = 0: DOODSON 1921 tidal potential C
C      IPOT = 1: CTED 1973 tidal potential C
C      IPOT = 2: TAMURA 1987 tidal potential C
C      IPOT = 3: BUELLESFELD 1985 tidal potential C
C
C      IMODEL.. parameter for selecting Earth tide model C
C      for computation of model tidal variations C
C      IMODEL = 1: global elastic Earth model C
C      (WAHR-DEHANT-ZSCHAU) C
C      IMODEL = 2: local elastic Earth model C
C      (using local tidal parameters) C
C
C      IWAL.... characteristic of the use of tidal waves outside C
C      given NGR groups, for which default tidal parameters C
C      for Wahr-Dehant-Zschau global elastic Earth tide model C
C      will be used. C
C      IWAL=0: These waves have not to be used (only tidal C
C      waves within given range of NGR groups will be C
C      taken into account) C
C      IWAL=1: These waves have been taken into account C
C
C      ITYPE... parameter for the chosen type of tidal stress C
C      ITYPE = 1: Tidal Coulomb Failure Stress (CFS) C
C      ITYPE = 2: Tidal Stress in the fault slip direction C
C      ITYPE = 3: Tidal Stress in the direction normal to the C
C      fault C
C
C      Output parameter description: C
C      ----- C
C
C      DSTRESS..... Tidal Stress, in double precision form C
C
C      Used routines: C
C      ----- C
C
C      DATHRS: computes the number of hours DHJ elapsed from the C
C      initial day of the Julian period (but 0:00 UT) to the C
C      moment given by the year IY, month IM, day ID C
C      and hour IH [UTC]. C
C

```

```

C      ETMUTC:  computes differences DDT (= ET - UT = ET - UTC =      C
C                                     = TDT - UTC = TT - UTC)          C
C                                                                    C
C      ETPOTA:  computes amplitudes, frequencies and phases of tidal  C
C               waves.                                              C
C                                                                    C
C      Common blocks:                                              C
C      -----                                                    C
C                                                                    C
C      /PLACE/, /TIME/, /FAULT/, /DIR/, /EPOCH/, /COMP/, /CONST/,    C
C      /NUMBS/, /WAVES/, /SUMS/, /JDEXT/ and /GROUPS/              C
C                                                                    C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      IMPLICIT DOUBLE PRECISION (D)
      CHARACTER CUNITS*5,CL*93,CLS*136
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      The following dimension statements are concerning the number of  C
C      waves of the tidal potential development, which is 1214 in the  C
C      current program version:                                     C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      INTEGER*4 NRW(1214)
      CHARACTER CDRW(1214)*4
      DIMENSION DFR(1214),DAM(3,1214),DPH(3,1214),DAF(2,1214)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      The following dimension statements are concerning the number of  C
C      wavegroups to be used, which is restricted to 85 in the current C
C      program version:                                           C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      INTEGER*2 NB(85),NE(85),INB(85),INE(85),NRLM(85)
      DIMENSION DAFLG(85),DTSLG(85),DFRLM(85),DTSLGH(85)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      The following dimension statement concerns the tidal strain      C
C      components and the normal, slip and traction vectors used for  C
C      the calculation of tidal stresses                             C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      DIMENSION DAC(6),DEC(6),DSTR(6),DSLIP(3),DNORMAL(3),DTRACTION(3)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      COMMON /JDEXT/:                                              C
C      JDMIN ... former use of DTUJD lesser than first tabulated epoch C
C               in the table with time differences DDT            C
C               JDMIN = 0: NO                                     C
C               JDMIN = 1: YES                                    C
C      JDMAX ... former use of DTUJD greater than last tabulated epoch C
C               in the table with time differences DDT            C
C               JDMAX = 0: NO                                     C
C               JDMAX = 1: YES                                    C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      COMMON /PLACE/ DLAT,DLON,DHEIGHT,DGRAV
      COMMON /TIME/  DSEC,ITY,ITM,ITD,ITH,ITMIN
      COMMON /FAULT/ DSTRIKE,DIP,DRAKE
      COMMON /DIR/   DAZ,DEL
      COMMON /EPOCH/ ITY0,ITM0,ITD0,ITH0,DJULD0,DDT0
      COMMON /COMP/  DPOSIT,CUNITS
      COMMON /CONST/ DPI,DPI2,DRAD,DRO,CL,CLS
      COMMON /NUMBS/ NWNZAC,NWNZA,NWA
      COMMON /WAVES/ NRW,CDRW,DFR,DAM,DPH,DAF
      COMMON /SUMS/  DSAMR,DSAMW
      COMMON /JDEXT/ JDMIN,JDMAX
      COMMON /GROUPS/ DAFLG,DTSLG,NGR,NB,NE
C-----

```



```

DATA DPOISSON/0.25D0/,DFRICTION/0.4D0/,DMU/30.0D0/
DATA JDMIN/0/,JDMAX/0/
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   Azimuth DAZ (deg from North) and elevation DEL (deg positive   C
C   above the horizontal plane) of the 6 tidal strain components   C
C   who will be used in the calculation of the tidal stresses      C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DATA DAC/0.0000D0,90.0000D0,45.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,90.0000D0/
DATA DEC/0.0000D0,0.0000D0,0.0000D0,90.0000D0,45.0000D0,45.0000D0/
DATA ISTRMAX/6/
C-----
100 IF(DLAT.EQ.0.D0) DLAT=1.D-8
    IF(DLAT.EQ.90.D0) DLAT=DLAT-1.D-8
    ITY0=ITY
    ITM0=ITM
    ITD0=ITD
    ITH0=0
C-----
200 CALL DATHRS(ITY0,ITM0,ITD0,ITH0,DHJ0)
C-----
    DJULD0=(DHJ0-12.D0)/24.D0
    CALL ETMUTC(DJULD0,DDT0,DJULDN)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   Time interval DIFH (hours) between date ITY0,ITM0,ITD0,ITH0   C
C   (where ITH0=0) and the real date ITY0,ITM0,ITD0,ITH,ITMIN,DSEC C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DIFH = DBLE(ITH)+(DBLE(ITMIN)/60.D0)+(DSEC/3600.D0)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   Compute the 6 tidal strain components defined by the values of C
C   DAC and DEC. Routine ETPOTA will be used for calculation of   C
C   amplitudes, frequencies and phases of the tidal waves for     C
C   WAHR-DEHANT-ZSCHAU global elastic model:                     C
C                                                                    C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DO 5000 ISTR=1,ISTRMAX
    DAZ=DAC(ISTR)
    DEL=DEC(ISTR)
    REWIND IUN14
    CALL ETPOTA(IUN14,IPOT,IMODEL)
    IF(IMODEL.NE.2) GOTO 1000
C-----
DO 550 IG=1,NGR
    IF(NB(IG).LT.1.OR.NB(IG).GT.1214) THEN
        WRITE(*,9130) NB(IG)
        GOTO 9999
    ENDIF
C-----
    IF(NE(IG).LT.1.OR.NE(IG).GT.1214) THEN
        WRITE(*,9130) NE(IG)
        GOTO 9999
    ENDIF
C-----
    IF(NE(IG).LT.NB(IG)) THEN
        WRITE(*,9140) NB(IG),NE(IG)
        GOTO 9999
    ENDIF
C+++++
DO 500 IW=1,NWNZA
    IF(NRW(IW).LT.NB(IG)) GOTO 500
C-----
    INB(IG)=IW

```

```

          GOTO 510
C-----
  500      CONTINUE
C++++++ End of IW-loop ++++++
  510      CONTINUE
          INE(IG)=NWNZA
C++++++
          DO 520 IW=1,NWNZA
            IF(NRW(IW).LE.NE(IG)) GOTO 520
C-----
          INE(IG)=IW-1
          GOTO 530
C-----
  520      CONTINUE
C++++++ End of IW-loop ++++++
  530      NBG=INB(IG)
          NEG=INE(IG)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Search for main wave of the group with number NRMAX=NRLM(IG)      C
C      and amplitude DAMMAX=DAM(2,NRMAX) for WDZ model:                  C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
          DAMMAX=0.D0
C++++++
          DO 540 IW=NBG,NEG
            IF(DAM(2,IW).GT.DAMMAX) THEN
              NRMAX=IW
              DAMMAX=DAM(2,IW)
            ENDIF
  540      CONTINUE
C++++++ End of IW-loop ++++++
          NRLM(IG)=NRMAX
          DFRM(IG)=DFR(NRMAX)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Transformation of DTSLG(IG) in degrees to hours:                  C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
          DTSLGH(IG)=DTSLG(IG)/DFR(NRMAX)
  550      CONTINUE
C++++ End of IG-loop ++++++
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Compute local amplitudes DAM(3,IW) and phases DPH(3,IW) for all  C
C      NWNZA tidal waves.                                              C
C      For information, amplitude factors DAF(2,IW) will be also      C
C      computed.                                                         C
C      DAF(2,IW)=DAM(3,IW)/DAM(2,IW)                                    C
C      We have to differentiate between 2 types of tidal waves taken  C
C      into account:                                                    C
C      1) Waves within frequency ranges of given NGR tidal groups.    C
C      Their model characteristics have been computed using          C
C      relations                                                         C
C      DAM(3,IW)=DAFLG(IG)*DAM(2,IW),                                   C
C      DPH(3,IW)=DPH(2,IW)+DTSLGH(IG)*DFR(IW),                         C
C      DAF(2,IW)=DAFLG(IG).                                             C
C      NTPG = number of these waves                                     C
C      DSAG = sum of amplitudes of these waves                         C
C      2) Waves outside frequency ranges of given NGR tidal groups.    C
C      They can be used (for IWAL=1) or not (for IWAL=0).             C
C      Their amplitudes and phases will be computed for model WDZ.    C
C      NTPW = number of these waves                                     C
C      DSAW = sum of amplitudes of these waves                         C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
          NTPG=0

```



```

                DDC=DDC+DAM(M,IW)*DCOEF*DCOS((DPH(M,IW)+DIFH*DFR(IW))
1                *DRAD)
2020            CONTINUE
C+++++++ End of IW-loop ++++++
2030            CONTINUE
C+++++++ End of IG-loop ++++++
                ELSE
C+++++++
                DO 2040 IW=1,NWNZA
2040            DDC=DDC+DAM(M,IW)*DCOEF*DCOS((DPH(M,IW)+DIFH*DFR(IW))*DRAD)
C+++++++ End of IW-loop ++++++
                ENDIF
                DSTR(ISTR)=DDC
5000 CONTINUE
C+++++++ End of ISTR-loop ++++++
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Renaming of the tidal strain components DSTR for a better      C
C    comprehension                                                  C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
                DSTRYY=DSTR(1)
                DSTRXX=DSTR(2)
                DSTRN45E=DSTR(3)
                DSTRZZ=DSTR(4)
                DSTRN45Z=DSTR(5)
                DSTR45Z=DSTR(6)
                DSTRXY=DSTR(3) - 0.5D0*(DSTR(1) + DSTR(2))
                DSTRXZ=DSTR(6) - 0.5D0*(DSTR(2) + DSTR(4))
                DSTRYZ=DSTR(5) - 0.5D0*(DSTR(1) + DSTR(4))
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Components of slip vector in a coordinate system (East, North, Up)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
                DSLIP(1)=DSIN(DSTRIKE*DRAD)*DCOS(DRAKE*DRAD) -
                1DCOS(DSTRIKE*DRAD)*DCOS(DIP*DRAD)*DSIN(DRAKE*DRAD)
                DSLIP(2)=DCOS(DSTRIKE*DRAD)*DCOS(DRAKE*DRAD) +
                1DSIN(DSTRIKE*DRAD)*DCOS(DIP*DRAD)*DSIN(DRAKE*DRAD)
                DSLIP(3)=DSIN(DIP*DRAD)*DSIN(DRAKE*DRAD)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Components of normal vector in the coordinate system (E, N, Up)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
                DNORMAL(1)=DCOS(DSTRIKE*DRAD)*DSIN(DIP*DRAD)
                DNORMAL(2)=-DSIN(DSTRIKE*DRAD)*DSIN(DIP*DRAD)
                DNORMAL(3)=DCOS(DIP*DRAD)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Components of traction vector DTRACTION                        C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
                DTRACTION(1)=(DSTRXX*(1.0D0-DPOISSON) + DSTRYY*DPOISSON + DSTRZZ*
                1DPOISSON)*DNORMAL(1) + (1.0D0-2.0D0*DPOISSON)*DSTRXY*DNORMAL(2) +
                1(1.0D0-2.0D0*DPOISSON)*DSTRXZ*DNORMAL(3)
                DTRACTION(2)=(1.0D0-2.0D0*DPOISSON)*DSTRXY*DNORMAL(1) + (DPOISSON
                1*DSTRXX+(1.0D0-DPOISSON)*DSTRYY+DPOISSON*DSTRZZ)*DNORMAL(2) +
                1(1.0D0-2.0D0*DPOISSON)*DSTRYZ*DNORMAL(3)
                DTRACTION(3)=(1.0D0-2.0D0*DPOISSON)*DSTRXZ*DNORMAL(1) +
                1(1.0D0-2.0D0*DPOISSON)*DSTRYZ*DNORMAL(2) + (DPOISSON*DSTRXX +
                1DPOISSON*DSTRYY + (1.0D0-DPOISSON)*DSTRZZ)*DNORMAL(3)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C    Calculation of tidal shear stress in the slip direction and      C
C    tidal normal stress                                              C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
                DCOEFTENSOR= (2.0D0*DMU)/(1.0D0-2.0D0*DPOISSON)
                DTIDALSLIP = DCOEFTENSOR*(DTRACTION(1)*DSLIP(1) +
                1DTRACTION(2)*DSLIP(2) + DTRACTION(3)*DSLIP(3))

```

```

        DTIDALNORMAL = DCOEFTENSOR*(DTRACTION(1)*DNORMAL(1) +
        1DTRACTION(2)*DNORMAL(2) + DTRACTION(3)*DNORMAL(3))
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Calculation of tidal Coulomb stress                                     C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
        DCFS = DTIDALSLIP + DFRICITION*DTIDALNORMAL
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C      Output value of subroutine STRESS                                     C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
        IF (ITYPE.EQ.1) THEN
            DSTRESS = DCFS
        ELSE
            IF (ITYPE.EQ.2) THEN
                DSTRESS = DTIDALSLIP
            ELSE
                IF (ITYPE.EQ.3) THEN
                    DSTRESS = DTIDALNORMAL
                ENDIF
            ENDIF
        ENDIF
    ENDIF
    RETURN
C-----
    9999 CONTINUE
        STOP
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C      Format Statements
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
    9130 FORMAT(/6X,'Error in given number',I2,' (it must be <1, 1214>)' )
    9140 FORMAT(/6X,'End number',I2,' must be > than start number',I2,'!')
    END

```

E. Catálogo de terremotos de California utilizado en el estudio.

Reproducimos a continuación el catálogo de terremotos empleado en los estudios estadísticos del Capítulo 3, incluyendo los valores calculados para cada evento del ángulo de fase de TCFS y la amplitud del semiciclo de TCFS en el que ocurre dicho evento.

Año	Mes	Día	Hora	Minuto	Segundo	Latitud (grados)	Longitud (grados)	Profundidad (m)	Tipo de falla	Magnitud	Ángulo de fase (grados)	Amplitud semiciclo (Pa)
2000	1	4	9	17	21.98	40.2657	-124.3913	22170	Desconocido	3.02	44,73	1881,87
2000	1	4	14	18	35.43	37.4912	-118.8433	8520	Desconocido	1.76	212,43	1070,01
2000	1	7	22	41	54.99	36.1415	-118.0550	7300	Normal	2.58	61,09	1308,82
2000	1	8	4	44	31.34	37.2888	-121.6718	2570	Desconocido	1.94	219,19	482,27
2000	1	8	9	12	55.81	37.6010	-121.6878	14110	Desconocido	1.69	3,31	1566,48
2000	1	10	14	31	26.72	37.4760	-118.3550	5960	Normal	2.20	123,38	2127,68
2000	1	19	10	8	47.74	39.9408	-120.4882	310	Desgarre	2.64	100,23	1684,81
2000	1	20	0	21	45.62	37.5332	-118.8157	6310	Desconocido	2.18	191,27	2230,84
2000	1	26	21	48	55.39	37.3737	-118.6055	17690	Desconocido	3.03	272,82	658,32
2000	1	27	20	35	30.55	37.4810	-118.8367	4740	Desconocido	1.72	237,60	563,47
2000	2	1	5	36	57.72	37.6978	-119.7003	7060	Desconocido	2.30	357,33	1000,73
2000	2	9	4	59	25.36	38.7818	-122.7157	2940	Normal	2.61	223,39	1331,65
2000	2	17	8	52	29.89	36.0898	-120.5440	6270	Inversa	2.14	240,47	1094,50
2000	2	27	6	3	53.73	37.5265	-118.8208	7230	Normal oblicua	1.97	106,14	691,46
2000	3	3	9	49	50.81	37.5802	-118.8490	5170	Desconocido	2.73	98,62	1401,42
2000	3	7	8	12	27.90	38.7703	-122.7298	2290	Normal	2.76	321,16	2095,80
2000	3	10	17	10	12.53	38.8030	-122.7927	4980	Desconocido	3.21	185,94	1701,76
2000	3	15	6	1	2.74	36.6875	-121.3172	4730	Desconocido	1.76	31,93	1388,22
2000	3	24	8	23	26.25	38.8387	-122.7992	1490	Normal	2.80	273,36	1048,67

2000	3	26	20	25	30.60	37.4842	-118.8067	15190	Desgarre	1.69	259,43	668,44
2000	3	27	2	30	33.27	37.5315	-118.8185	6760	Desconocido	2.67	51,09	648,00
2000	3	29	4	5	53.85	41.2353	-123.4327	40150	Desconocido	3.12	7,92	588,02
2000	4	1	6	22	57.74	36.6182	-121.2232	5110	Desconocido	2.11	0,06	1553,85
2000	4	2	0	37	6.09	36.8108	-121.3492	6440	Inversa	1.78	9,65	675,89
2000	4	2	6	51	52.88	37.4860	-118.8385	6960	Desconocido	1.98	14,15	1435,13
2000	4	2	20	1	43.01	37.6238	-118.9470	6060	Inversa	1.68	191,31	695,03
2000	4	6	22	0	7.06	38.4683	-119.4012	11100	Normal	2.78	30,17	1584,52
2000	4	9	9	39	41.28	37.4687	-121.8205	8330	Desconocido	1.84	169,45	159,27
2000	4	14	13	17	20.64	39.2973	-119.9732	8910	Normal	2.61	231,88	1287,50
2000	4	14	15	4	9.29	37.6698	-119.4078	16330	Desconocido	2.08	264,89	1483,04
2000	4	15	12	16	54.25	37.4872	-118.8370	3720	Desconocido	2.01	192,73	1000,23
2000	4	17	1	14	7.27	37.4853	-118.8385	2390	Inversa	1.66	350,03	786,49
2000	4	19	15	33	48.34	37.4557	-118.6807	7330	Desconocido	1.80	244,80	1298,15
2000	4	22	6	44	22.77	37.4883	-118.8390	4370	Desconocido	3.16	282,41	548,79
2000	4	22	16	7	37.76	35.6965	-118.4430	9780	Normal	2.77	200,23	1569,98
2000	4	25	1	10	28.42	36.7502	-121.4533	8710	Desconocido	1.84	36,15	553,57
2000	4	25	4	52	25.47	37.4808	-118.8392	5310	Desconocido	2.50	60,47	859,47
2000	4	25	23	46	26.21	36.6335	-121.2445	8780	Desgarre	1.95	322,22	548,89
2000	4	29	6	4	49.01	37.7378	-122.5510	7450	Normal	2.63	27,84	1621,50
2000	5	3	0	28	38.23	37.5887	-118.7945	7300	Normal	1.67	162,06	1321,47
2000	5	5	19	11	26.50	36.3952	-121.0993	1930	Normal	1.78	301,91	2735,07
2000	5	10	23	2	23.51	36.4640	-120.1775	18990	Inversa	2.69	100,34	674,45
2000	5	11	5	10	21.91	37.5470	-118.8028	10990	Desconocido	2.17	66,88	1250,45
2000	5	12	14	23	29.54	37.5997	-118.8332	12260	Desconocido	1.69	293,52	1210,27
2000	5	13	8	32	58.97	38.0090	-118.5800	5550	Normal	2.24	93,06	728,03
2000	5	19	13	1	35.34	36.8278	-121.5492	4680	Inversa oblicua	2.88	81,76	505,72

2000	5	20	19	53	54.22	38.8240	-122.8075	4040	Normal	2.77	319,63	1942,00
2000	5	22	5	53	58.79	38.9493	-119.9867	4370	Desconocido	2.80	220,23	435,41
2000	5	22	20	10	13.33	36.0140	-120.5720	5170	Desconocido	2.77	293,71	696,69
2000	5	23	21	46	2.62	37.5560	-118.8080	6150	Normal	1.99	325,64	1158,10
2000	5	27	22	26	39.27	37.5520	-118.8202	4830	Normal	2.22	206,93	861,73
2000	5	30	3	28	49.37	36.3018	-120.4142	11260	Inversa	2.26	122,59	570,70
2000	6	4	22	15	17.64	38.8222	-122.8098	2250	Normal	2.95	6,55	2147,07
2000	6	8	5	32	57.15	37.8570	-118.2100	2510	Normal	2.68	119,54	1660,59
2000	6	17	0	17	13.56	37.5828	-118.7927	7780	Desconocido	1.65	127,32	1591,70
2000	6	17	22	7	49.84	36.9688	-121.5965	7570	Normal oblicua	2.02	43,90	2101,64
2000	6	18	4	9	15.37	36.8048	-121.2775	9180	Inversa	2.08	24,78	240,84
2000	6	19	18	56	55.89	37.1717	-121.4825	8380	Desgarre	1.65	275,79	942,92
2000	6	21	21	43	57.34	36.9678	-118.2730	6270	Normal	2.96	330,98	1582,27
2000	6	24	4	37	11.98	37.5908	-118.8222	3570	Normal oblicua	2.08	107,17	1145,38
2000	6	24	11	4	17.52	38.7650	-122.6925	3910	Normal	3.42	258,53	1026,92
2000	6	25	3	57	45.25	38.7707	-122.9145	6460	Normal	2.14	37,87	837,02
2000	6	28	2	7	42.28	38.8055	-122.7990	4540	Normal	3.07	263,91	841,99
2000	7	1	18	41	30.88	38.8075	-122.8060	3330	Desconocido	2.06	309,24	1876,99
2000	7	7	3	45	19.28	36.3478	-118.0942	160	Desconocido	2.68	90,51	947,33
2000	7	8	14	58	33.02	36.4632	-121.0417	5520	Desconocido	2.13	19,23	336,30
2000	7	10	6	47	29.35	37.6412	-119.3945	12200	Desconocido	1.98	76,85	477,93
2000	7	11	0	2	23.37	36.2687	-120.3710	9660	Inversa	2.57	34,29	202,11
2000	7	12	11	51	20.71	37.6410	-119.0527	4040	Normal oblicua	1.98	192,68	1578,22
2000	7	15	22	20	28.09	37.4940	-118.8337	3410	Desconocido	2.10	65,56	2588,18
2000	7	18	2	2	1.45	37.6093	-122.4748	8310	Desconocido	1.94	142,26	1127,43
2000	7	18	16	35	8.30	37.4933	-118.8273	5290	Normal	3.65	232,67	2382,76
2000	7	19	21	53	33.55	36.5573	-121.0568	9520	Desgarre	3.29	348,19	1243,53

2000	7	23	19	55	6.84	38.8097	-122.7927	4750	Normal	2.68	184,93	744,96
2000	7	26	18	6	39.51	37.6098	-122.4762	8470	Desconocido	1.67	37,29	1793,50
2000	7	28	20	11	26.49	37.5207	-118.8263	4490	Normal	2.18	50,67	2564,83
2000	8	1	19	43	59.29	38.8198	-122.7950	3990	Normal	3.01	308,49	2202,77
2000	8	2	22	15	24.67	37.5337	-118.8163	6990	Normal	1.80	7,55	2103,70
2000	8	5	18	54	6.04	37.5637	-118.8803	6400	Desconocido	2.28	213,99	473,38
2000	8	8	14	12	30.42	37.5917	-118.8067	7450	Normal oblicua	1.89	318,56	1134,81
2000	8	8	16	6	46.81	38.7720	-122.7170	2620	Normal	2.41	357,16	1262,51
2000	8	13	18	0	8.08	38.0358	-119.0525	8410	Desconocido	1.76	327,96	2004,36
2000	8	23	14	20	27.12	39.3328	-123.0232	9070	Desconocido	3.24	330,26	252,31
2000	8	29	23	13	31.80	37.2230	-122.0110	9950	Inversa	2.36	258,55	1083,41
2000	9	1	19	29	18.58	38.7938	-122.7695	1500	Desconocido	2.65	301,43	1023,26
2000	9	2	13	52	15.85	37.4870	-118.8365	4060	Desconocido	1.80	111,91	1049,57
2000	9	2	22	59	7.65	37.1038	-121.8132	5600	Inversa	3.01	202,20	323,57
2000	9	5	18	6	52.96	37.4825	-118.8348	4060	Desconocido	3.14	49,14	1060,90
2000	9	7	11	31	49.79	36.1467	-121.2810	14680	Inversa	2.70	75,87	627,08
2000	9	8	18	47	16.15	38.7783	-122.7170	2890	Normal	2.63	35,80	1207,40
2000	9	8	22	1	20.95	36.0460	-120.6097	5500	Desconocido	2.35	126,03	985,10
2000	9	12	15	56	17.41	37.5237	-118.8273	3520	Desconocido	1.64	277,20	1450,07
2000	9	17	5	52	5.17	39.7438	-122.8367	12820	Normal	2.59	232,58	1890,45
2000	9	18	0	10	51.07	38.8548	-122.8057	1720	Normal	2.33	35,04	925,28
2000	9	19	6	41	34.49	39.4953	-122.9447	10780	Desconocido	2.18	218,06	1017,86
2000	9	20	5	28	43.01	39.2833	-122.7905	11720	Normal oblicua	2.43	164,02	286,04
2000	9	21	18	8	58.63	35.8472	-120.3955	6910	Desgarre	3.28	82,18	1063,19
2000	9	28	19	40	18.85	36.5588	-121.1493	7720	Inversa	3.08	165,29	702,71
2000	9	28	20	33	33.89	35.9033	-120.8008	4460	Inversa oblicua	2.20	261,71	383,24
2000	9	30	20	23	0.72	38.0862	-118.9935	13200	Normal	2.21	345,66	658,62

2000	10	3	11	30	54.66	37.6402	-122.4940	8020	Normal oblicua	2.19	5,98	1114,67
2000	10	4	12	42	5.19	37.5342	-118.8153	6860	Desconocido	2.29	14,17	393,82
2000	10	6	19	50	43.32	37.4177	-121.7557	9910	Normal	1.68	97,81	469,65
2000	10	7	2	11	21.40	37.4410	-118.5655	16260	Normal	2.21	287,95	424,90
2000	10	7	13	31	44.36	38.8047	-122.8195	1130	Desconocido	2.41	262,20	1103,09
2000	10	9	4	14	45.90	37.5917	-118.8218	5690	Normal	1.63	330,61	675,52
2000	10	15	3	32	43.79	36.3213	-118.0637	310	Desgarre	2.83	181,82	1068,75
2000	10	28	14	32	51.63	37.5210	-118.8223	5260	Desconocido	3.17	194,58	984,43
2000	11	5	15	44	46.40	38.7462	-122.7147	2220	Normal	2.73	0,77	1061,92
2000	11	5	21	35	41.83	38.8142	-122.8112	3940	Normal	2.28	143,04	1332,46
2000	11	8	19	5	12.98	38.8378	-122.7893	2860	Normal	3.39	8,85	777,23
2000	11	13	10	4	42.54	39.7408	-122.8343	4820	Normal	2.88	28,41	2009,41
2000	11	14	12	34	5.64	37.5465	-118.8002	11220	Desconocido	1.67	92,55	1058,51
2000	11	16	12	14	53.62	37.4250	-122.2387	5870	Inversa oblicua	1.86	5,68	243,56
2000	11	16	17	2	0.42	39.7428	-122.8307	6080	Normal	3.45	133,85	1927,42
2000	11	17	11	4	1.61	40.5473	-123.8678	21820	Desconocido	2.50	319,26	1322,54
2000	11	19	12	47	15.36	34.5442	-118.9083	20990	Inversa	3.28	130,09	402,83
2000	11	23	9	24	28.11	37.0980	-121.8177	3940	Inversa	2.22	262,19	654,54
2000	11	23	22	58	2.32	35.8092	-121.3275	9650	Inversa	3.29	343,36	263,04
2000	11	25	7	29	20.80	40.4707	-124.3687	19350	Normal oblicua	3.10	356,60	2223,22
2000	11	26	18	19	16.25	37.4680	-118.6028	13260	Normal	1.84	287,96	1413,75
2000	12	1	18	4	33.70	37.6212	-122.3697	11280	Normal	2.23	162,95	1525,03
2000	12	2	0	20	0.04	37.5867	-118.7990	6390	Normal	1.93	60,91	388,70
2000	12	3	13	42	3.06	35.8552	-120.3975	5020	Desgarre	2.32	6,20	745,60
2000	12	7	3	55	11.01	34.7763	-118.8890	18190	Inversa oblicua	3.14	125,42	442,49
2000	12	12	4	14	29.06	37.5308	-118.8170	6220	Desconocido	1.67	262,91	2267,39
2000	12	12	22	8	11.42	36.8657	-121.6005	7200	Inversa	3.32	244,82	375,45

2000	12	20	0	10	6.38	37.5388	-118.8137	6470	Desconocido	1.77	250,57	992,10
2000	12	20	23	39	14.80	40.9885	-121.6935	18450	Normal	4.40	215,02	1919,37
2000	12	29	7	20	35.87	38.9315	-123.0072	7020	Desgarre	2.04	262,94	575,53
2000	12	30	10	14	14.01	37.5317	-118.8263	11160	Desgarre	1.61	357,52	1592,90
2001	1	1	11	49	33.95	36.6108	-121.1492	6280	Desconocido	1.67	343,04	599,67
2001	1	5	13	16	10.33	38.0860	-118.9877	10470	Normal	2.24	257,75	191,60
2001	1	6	7	21	57.56	36.0300	-120.8798	14120	Normal oblicua	2.78	39,49	2260,63
2001	1	6	9	49	29.63	37.5397	-118.4387	8760	Normal	1.78	123,03	2120,80
2001	1	25	6	18	22.57	35.7903	-121.3740	9140	Inversa	2.62	128,53	942,45
2001	1	25	11	0	9.42	38.7738	-122.7495	1490	Desconocido	2.48	46,30	2228,80
2001	2	1	8	32	12.56	38.9182	-123.0155	6100	Desconocido	2.12	143,11	581,69
2001	2	2	17	51	10.84	40.2880	-121.3560	8400	Normal	3.01	65,23	351,90
2001	2	2	23	3	11.62	39.7303	-122.8288	7390	Normal	4.20	233,88	1353,88
2001	2	3	6	44	50.38	38.7897	-122.7552	1970	Normal	2.48	57,09	1318,59
2001	2	9	3	57	47.44	39.7428	-122.8420	4420	Normal	3.01	229,41	3224,37
2001	2	12	21	16	26.58	35.9850	-120.8827	10600	Normal oblicua	2.00	276,96	1233,42
2001	2	13	18	57	11.70	37.4695	-118.6033	12820	Normal	2.02	211,88	1393,59
2001	2	13	19	44	34.44	38.7312	-119.6473	590	Desconocido	3.39	237,18	1017,64
2001	2	16	3	12	6.22	36.0263	-117.6998	6920	Desconocido	3.05	354,98	1034,54
2001	2	16	3	41	48.62	37.1250	-121.0098	280	Desgarre	2.15	358,89	1041,34
2001	2	17	5	55	11.06	36.6910	-121.3303	7030	Desgarre	1.99	25,24	1028,10
2001	2	17	13	4	12.52	38.6402	-119.7990	7970	Desconocido	3.23	219,50	478,02
2001	3	3	2	13	31.87	37.6700	-119.4132	16060	Normal oblicua	2.23	6,46	1407,13
2001	3	15	11	34	40.38	40.6830	-123.4608	31080	Normal	2.68	325,21	474,29
2001	3	17	2	55	42.35	37.5208	-118.8275	7140	Desconocido	3.26	6,02	813,07
2001	3	18	21	17	1.90	38.8027	-122.7342	3430	Normal	2.56	115,57	305,02
2001	3	22	5	16	23.65	38.0668	-118.8818	13970	Desconocido	1.67	307,65	1342,30

2001	3	29	23	45	17.59	38.8042	-122.8098	2130	Desconocido	2.42	6,93	918,33
2001	4	3	0	49	26.47	37.0850	-121.0385	6970	Inversa	2.27	79,13	890,49
2001	4	12	0	21	0.98	35.9818	-118.3273	8050	Normal	3.13	59,35	1309,68
2001	4	13	2	15	59.72	38.8058	-122.7787	2650	Desconocido	2.43	67,50	1498,90
2001	4	13	8	34	8.88	38.8353	-122.8195	1950	Normal	3.44	227,79	581,47
2001	4	13	23	50	58.50	38.8843	-123.6613	9040	Desgarre	3.08	356,86	792,43
2001	4	14	14	51	22.32	35.9833	-118.3312	8720	Normal	4.03	81,26	89,97
2001	4	16	8	8	44.76	36.2442	-120.8003	7120	Desgarre	3.06	120,59	340,41
2001	4	16	14	37	58.60	38.8075	-122.8098	2130	Normal	2.98	284,16	491,65
2001	4	17	22	11	16.67	37.6947	-118.8105	5670	Inversa	2.07	325,51	182,29
2001	4	19	0	59	42.31	35.9872	-118.3292	8180	Normal	2.92	214,88	1597,42
2001	5	2	7	3	59.92	38.7857	-122.7220	2730	Normal	2.64	79,44	1093,55
2001	5	7	14	9	39.84	37.5388	-118.8138	7250	Desconocido	2.15	216,16	1409,66
2001	5	8	13	28	45.74	35.9892	-118.3387	9060	Normal	3.18	161,39	1004,29
2001	5	10	14	30	39.48	38.7750	-122.7208	2690	Normal	2.52	199,14	1955,80
2001	5	15	2	39	51.26	35.7630	-121.2358	8430	Inversa	3.80	203,30	586,74
2001	5	21	21	19	20.81	39.3678	-122.8642	12700	Desconocido	2.89	38,51	1776,31
2001	5	22	18	57	46.34	39.7577	-122.8550	6330	Normal	3.38	330,44	2545,02
2001	5	26	14	12	9.42	37.5560	-118.4883	12740	Normal	1.83	140,35	1086,98
2001	5	26	18	59	3.94	37.9872	-118.7600	13220	Desgarre	3.75	251,71	958,99
2001	5	26	22	54	22.86	36.5637	-121.1523	4730	Desconocido	3.15	359,45	977,14
2001	5	27	0	28	14.10	36.6198	-121.2260	5280	Desconocido	2.12	41,37	1507,57
2001	5	29	11	12	59.50	39.7633	-122.8592	5750	Normal	2.95	244,62	1053,23
2001	6	2	17	47	10.63	37.4033	-118.4858	10490	Normal	2.39	4,34	1814,46
2001	6	8	6	38	55.34	38.7758	-122.7212	2400	Normal	2.55	288,28	302,51
2001	6	10	4	23	32.53	36.0257	-117.8773	8040	Normal	3.41	156,37	2063,98
2001	6	12	2	41	9.27	39.3738	-120.4688	4050	Desconocido	2.95	73,10	723,77

2001	6	18	14	56	20.56	37.4567	-118.6685	7950	Normal	1.78	281,72	2147,71
2001	6	22	22	44	53.05	36.7115	-121.0145	530	Desgarre	1.93	29,09	2020,94
2001	6	23	13	35	23.71	37.2365	-118.3988	15710	Desconocido	2.45	173,86	567,92
2001	6	26	10	9	39.39	36.9035	-120.8690	6280	Inversa	2.03	113,29	274,68
2001	7	9	0	43	29.45	40.5447	-123.2835	34280	Desgarre	2.26	79,22	1296,32
2001	7	12	1	2	47.57	35.7430	-118.3352	7160	Normal	3.05	32,21	1291,95
2001	7	13	17	13	26.82	40.5428	-121.6835	8920	Normal	2.37	97,87	669,14
2001	7	17	12	7	25.83	36.0127	-117.8663	8680	Desgarre	5.20	188,91	1025,50
2001	7	27	14	37	42.44	37.9428	-122.0740	12800	Desconocido	2.23	0,33	1154,91
2001	7	28	19	22	41.30	41.1890	-124.9137	2570	Desconocido	3.04	94,52	752,75
2001	7	30	1	10	36.91	39.6188	-122.7988	7910	Normal	2.31	212,36	786,53
2001	8	1	23	37	38.17	39.6155	-122.8010	6930	Normal oblicua	2.66	123,88	1942,00
2001	8	4	19	5	55.11	35.7308	-118.4772	9020	Desconocido	3.50	320,36	1768,24
2001	8	4	20	55	4.14	37.6030	-122.4682	8730	Normal oblicua	1.87	8,46	2242,78
2001	8	11	10	44	10.36	35.2322	-120.9558	3010	Normal	2.49	297,60	1204,98
2001	8	13	14	6	4.45	35.8352	-121.3303	12670	Inversa	3.84	146,87	712,42
2001	8	14	17	3	15.66	39.6637	-122.8263	3130	Desgarre	2.51	359,63	1060,12
2001	8	15	4	37	46.04	35.8353	-121.3215	11690	Inversa	2.74	114,89	297,93
2001	8	18	0	23	12.52	38.7780	-122.7197	2460	Normal	2.52	136,74	1998,19
2001	8	18	9	59	47.42	37.5350	-118.8255	6310	Desconocido	2.76	108,99	825,14
2001	8	20	20	31	29.75	37.5727	-118.8440	6760	Desconocido	2.31	355,22	980,42
2001	8	23	11	25	39.46	36.0460	-117.8662	7310	Desconocido	3.36	1,61	1628,51
2001	8	25	13	21	14.46	38.0593	-121.8358	21250	Desconocido	2.66	176,58	465,64
2001	8	25	15	11	28.34	37.1977	-118.4720	17850	Normal	2.06	46,99	1262,70
2001	8	28	16	51	26.62	36.8342	-121.5592	5860	Inversa	2.82	168,26	519,52
2001	8	30	17	53	24.08	37.4870	-118.8383	4350	Normal	1.79	349,44	2200,33
2001	9	2	0	35	54.63	40.5473	-121.6847	7750	Desconocido	2.93	136,03	2192,49

2001	9	4	12	26	13.95	37.5260	-118.8237	4430	Desconocido	1.77	143,80	747,02
2001	9	5	21	22	21.10	37.5267	-118.8243	4420	Desconocido	1.99	25,49	524,76
2001	9	6	19	38	4.05	37.5888	-122.4573	9000	Normal	3.03	300,03	1477,21
2001	9	13	16	30	15.91	39.4278	-123.0993	6850	Desconocido	2.65	317,03	987,79
2001	9	13	22	44	55.13	37.5853	-118.7962	7560	Desconocido	2.06	145,75	1275,62
2001	9	19	21	46	26.41	38.7508	-122.7295	2290	Normal	2.48	357,96	1912,52
2001	9	22	10	4	46.92	37.5483	-118.8118	9360	Desconocido	1.89	331,55	1447,38
2001	9	23	12	23	41.59	36.7230	-121.3697	2880	Desgarre	1.72	358,08	742,29
2001	10	1	17	39	35.90	37.5475	-118.7783	11320	Normal	3.09	315,95	2202,28
2001	10	5	6	5	33.08	36.0362	-120.1440	12180	Inversa	1.90	96,38	804,22
2001	10	6	2	17	33.83	37.2425	-122.0257	10350	Inversa	3.13	348,92	436,24
2001	10	7	5	8	9.90	36.9308	-121.6710	10630	Desconocido	1.75	204,67	1199,41
2001	10	9	11	41	47.62	36.6103	-121.2168	6280	Desconocido	2.01	329,68	1221,76
2001	10	10	20	10	33.43	36.5363	-121.1200	3020	Desgarre	2.15	133,72	843,95
2001	10	10	22	11	1.65	36.0817	-117.8858	7160	Normal	3.25	175,92	1792,32
2001	10	13	17	12	36.72	38.7775	-122.7193	2620	Normal	2.61	342,24	2338,01
2001	10	20	8	23	32.86	38.7963	-122.7942	1370	Desconocido	2.42	308,12	1121,15
2001	10	21	3	44	15.05	38.9608	-123.3752	7510	Inversa	2.77	25,26	916,23
2001	10	22	8	23	52.08	40.9710	-124.2152	19090	Normal	3.54	286,83	1409,07
2001	10	22	10	14	51.10	36.1007	-121.4702	16600	Inversa	1.85	147,85	756,14
2001	10	23	20	1	42.09	37.5397	-118.4217	6530	Normal	2.22	146,22	828,64
2001	10	25	3	33	20.48	37.5398	-118.4240	6550	Normal	3.01	342,31	522,38
2001	10	25	4	20	12.89	38.7882	-122.7822	3720	Normal	2.17	337,42	268,09
2001	10	27	21	3	12.88	36.5870	-121.1242	7260	Desconocido	2.35	105,27	464,90
2001	10	28	12	41	40.23	36.3755	-120.4157	10380	Inversa	2.45	28,30	781,92
2001	10	30	21	7	43.19	38.8382	-122.7772	2620	Normal	3.05	29,93	1097,20
2001	11	1	7	30	14.16	37.4472	-119.0088	6650	Normal	2.27	1,37	1344,43

2001	11	3	16	37	8.52	36.2123	-120.3710	9500	Inversa	2.55	20,51	790,78
2001	11	3	23	42	3.85	36.3667	-120.4122	10850	Inversa	2.48	279,09	596,42
2001	11	5	9	57	44.47	38.1573	-119.0457	10720	Normal	1.92	356,57	1517,75
2001	11	7	7	59	34.21	35.8657	-121.4748	9520	Normal	2.86	270,96	1763,90
2001	11	7	17	16	24.95	37.5303	-119.4355	7410	Normal	1.91	104,93	704,70
2001	11	13	9	50	27.09	37.4478	-119.0088	6640	Normal	2.30	102,14	1323,29
2001	11	15	10	50	58.75	37.5910	-122.4560	8480	Desconocido	2.54	82,69	2826,29
2001	11	16	3	7	59.48	36.4962	-121.0718	4130	Desconocido	2.41	211,28	1753,00
2001	11	18	15	8	42.53	38.3607	-122.3803	7570	Inversa	2.63	315,03	997,92
2001	11	19	0	43	52.06	38.8188	-122.7938	4550	Normal	3.30	69,08	402,19
2001	11	19	12	1	56.01	36.6637	-121.2825	4420	Desconocido	1.81	44,80	649,76
2001	11	22	22	4	35.52	36.7142	-121.3567	3140	Desconocido	2.08	204,63	507,45
2001	11	23	2	15	43.85	38.8255	-122.7955	4570	Normal	2.77	313,82	626,75
2001	11	23	19	48	48.08	37.5892	-118.7997	6480	Normal oblicua	1.80	129,09	1001,98
2001	11	27	2	20	20.86	39.7412	-122.8415	8200	Desconocido	3.17	245,42	1656,16
2001	12	1	16	32	19.34	36.1972	-120.3143	10320	Inversa	2.21	58,04	593,84
2001	12	7	4	19	50.29	38.9147	-122.5150	6620	Normal	2.85	73,66	443,72
2001	12	7	14	29	8.48	39.0432	-123.1165	7140	Desgarre	4.20	1,26	628,87
2001	12	10	5	32	29.04	38.7995	-122.7988	4530	Normal	3.14	18,74	1163,65
2001	12	13	2	31	43.04	36.6477	-121.2398	6040	Inversa	1.86	77,55	1217,86
2001	12	13	6	26	15.57	37.4882	-118.8405	3790	Desconocido	1.84	355,09	1476,93
2001	12	15	11	54	51.42	37.1455	-121.5555	4180	Inversa	1.96	276,14	1321,51
2001	12	20	8	25	16.50	36.0953	-120.1973	8900	Inversa	3.40	120,25	712,21
2002	1	2	7	38	32.25	37.2470	-121.6352	3460	Desconocido	2.19	278,26	1028,22
2002	1	3	23	8	6.85	37.3883	-118.2707	4800	Normal	2.55	6,82	793,92
2002	1	10	6	26	56.78	36.4698	-121.0483	7840	Desconocido	2.37	0,56	381,07

2002	1	14	16	0	4.86	37.5880	-118.7928	7200	Desconocido	1.77	168,69	1561,98
2002	1	26	6	1	16.26	37.6782	-122.5287	7590	Desconocido	2.73	346,90	2473,32
2002	1	27	7	1	14.18	36.0237	-119.8260	15870	Normal	3.08	1,49	2564,48
2002	1	27	10	44	11.91	37.6003	-122.4628	8280	Desconocido	2.79	94,29	2086,61
2002	1	31	5	59	20.18	36.5627	-121.1147	3710	Inversa	2.51	81,71	873,10
2002	2	3	23	16	0.24	38.0985	-118.5238	230	Desconocido	2.33	296,60	873,28
2002	2	4	0	32	38.93	40.7547	-122.5080	15190	Desconocido	2.97	346,74	568,44
2002	2	4	14	38	57.62	39.0685	-120.8932	1070	Normal	2.99	71,09	695,28
2002	2	6	1	26	28.90	37.5397	-121.9208	9270	Desconocido	2.30	287,66	701,58
2002	2	14	1	50	1.45	37.2715	-121.7163	6390	Inversa	1.92	344,57	559,39
2002	2	15	15	58	55.15	37.4892	-118.8362	8420	Desconocido	2.44	198,82	905,72
2002	2	19	12	50	41.90	38.7222	-119.7162	930	Normal	2.92	45,63	764,15
2002	2	22	5	31	36.37	40.4747	-121.5165	3690	Normal	2.76	24,10	1849,12
2002	2	24	8	42	24.81	36.8452	-121.5793	7260	Desconocido	2.95	61,61	2218,71
2002	2	27	9	22	47.83	36.6323	-121.2393	5130	Inversa	2.05	213,72	1307,99
2002	2	27	21	32	56.31	38.7698	-122.7240	2120	Desconocido	2.52	353,87	893,44
2002	3	3	20	36	47.05	38.7452	-122.7002	3290	Normal	2.50	276,04	652,75
2002	3	4	2	27	58.65	37.4622	-118.5122	13720	Normal	2.58	85,48	1489,49
2002	3	5	0	44	20.51	36.4755	-121.0522	5380	Desconocido	1.94	8,46	955,88
2002	3	5	23	8	15.24	36.5685	-121.1578	3410	Desgarre	3.12	289,80	731,90
2002	3	21	1	17	9.52	36.5115	-121.0938	5760	Desconocido	2.77	25,13	607,85
2002	3	21	5	29	1.05	36.8653	-121.5930	5940	Inversa	2.48	238,42	584,45
2002	3	24	22	49	32.37	37.3705	-118.3783	11780	Normal	1.94	202,44	1101,44
2002	4	1	4	45	44.21	38.8213	-122.8000	4470	Normal	2.37	145,56	2141,49
2002	4	3	15	24	29.26	38.7868	-122.7750	3510	Desconocido	2.44	257,91	814,77
2002	4	3	20	52	46.99	35.8390	-120.3877	9010	Desgarre	2.20	250,15	360,27
2002	4	5	0	38	19.63	37.4848	-118.8393	3560	Normal	2.52	316,41	1103,42

2002	4	8	9	44	23.23	38.7782	-122.7167	2880	Normal	2.74	90,02	1644,68
2002	4	21	12	15	15.02	36.4513	-121.0122	2160	Inversa	2.08	26,02	257,60
2002	4	25	9	12	22.29	37.4707	-118.8445	7870	Desconocido	2.77	98,08	1289,40
2002	5	3	4	38	43.40	36.0447	-120.2005	9830	Inversa	1.96	258,62	748,09
2002	5	5	9	38	13.38	36.9635	-121.5937	3820	Desconocido	1.60	155,12	902,45
2002	5	6	7	43	23.93	40.3188	-124.4708	6880	Desconocido	3.20	93,77	916,03
2002	5	11	23	8	20.84	35.6918	-118.0762	5950	Desconocido	2.84	106,83	2340,30
2002	5	14	20	15	45.30	36.6968	-121.3390	9150	Inversa	2.00	157,95	1225,84
2002	5	15	17	54	48.84	42.2010	-121.9728	10960	Normal	3.77	260,01	1732,63
2002	5	18	5	40	32.03	37.5400	-118.8687	9690	Desconocido	3.17	145,77	1204,45
2002	5	20	4	29	59.49	36.1065	-120.2207	10730	Desgarre	2.12	32,79	1024,79
2002	5	29	19	30	9.42	40.1985	-124.1303	13910	Desconocido	3.15	282,54	1164,37
2002	6	6	14	46	13.14	38.8142	-122.8007	2310	Desconocido	2.68	287,45	930,45
2002	6	7	20	3	33.04	38.8163	-122.7953	4610	Desgarre	2.42	23,50	1371,97
2002	6	8	19	48	51.05	36.9532	-121.5932	5620	Inversa	1.76	214,01	824,90
2002	6	11	0	56	39.05	38.7553	-122.7080	2920	Desconocido	2.52	111,98	1882,75
2002	6	11	2	25	41.03	37.6017	-122.4680	8760	Normal	2.83	172,10	2121,51
2002	6	11	11	9	26.04	36.8713	-121.6005	10520	Normal	1.97	111,64	1349,27
2002	6	11	17	19	43.30	35.9703	-120.5203	11260	Desconocido	2.36	267,74	1668,59
2002	6	13	11	33	42.92	36.1520	-120.2550	18080	Normal	2.36	76,34	651,51
2002	6	13	22	13	33.43	37.7417	-121.9203	8190	Normal oblicua	1.78	2,50	2232,24
2002	6	14	23	25	13.35	40.3980	-124.1868	30090	Desgarre	2.23	8,28	1669,85
2002	6	16	7	9	53.22	36.8615	-121.5677	6750	Inversa	2.03	352,28	805,09
2002	6	18	2	41	37.84	37.6080	-118.9115	5050	Normal oblicua	2.13	30,45	1236,55
2002	6	25	19	33	56.46	37.6302	-119.0508	4540	Normal	2.41	337,97	2508,40
2002	6	25	21	10	51.05	36.8015	-121.3893	7150	Desgarre	2.18	5,75	1877,43
2002	6	28	21	2	47.05	38.7948	-122.7350	2820	Normal	2.68	318,86	1501,68

2002	6	28	22	3	36.77	37.7210	-122.5440	7190	Normal	2.09	344,09	1060,56
2002	6	28	22	8	19.75	36.6400	-121.2582	7320	Desconocido	3.01	345,14	1283,85
2002	6	29	19	13	32.48	38.7413	-121.6443	18850	Desconocido	3.07	244,85	1147,85
2002	6	30	7	22	35.55	36.5390	-121.1248	8530	Inversa	1.87	32,23	195,34
2002	7	1	6	48	0.10	39.4065	-123.0702	4970	Desconocido	2.12	160,31	1102,47
2002	7	5	4	23	36.20	39.3450	-123.2482	2960	Normal	2.34	339,99	719,49
2002	7	6	22	28	39.06	36.5770	-121.1703	2380	Normal oblicua	2.60	127,50	1818,18
2002	7	11	4	10	9.82	38.8023	-122.7762	1510	Inversa	3.03	27,33	418,03
2002	7	12	17	38	20.26	37.1630	-121.9957	12400	Inversa	1.90	78,34	1129,18
2002	7	16	0	27	39.61	37.3902	-121.7485	4380	Desconocido	1.91	350,36	747,83
2002	7	18	15	17	47.97	36.7657	-121.4637	6170	Desconocido	1.81	344,92	655,88
2002	7	20	18	22	17.31	37.0350	-121.4898	7850	Inversa	1.77	197,72	711,88
2002	7	21	18	54	30.31	37.5535	-122.5015	4940	Inversa	1.90	183,41	1074,68
2002	7	22	17	46	6.50	36.5070	-121.4437	11060	Inversa	2.35	146,64	913,19
2002	7	23	20	28	54.52	37.9790	-122.0220	12950	Desgarre	2.13	357,50	912,54
2002	7	30	10	31	17.21	38.8080	-122.7697	3410	Desconocido	2.40	279,00	390,03
2002	8	3	17	52	37.89	37.5750	-118.7882	8870	Desgarre	1.60	43,33	779,22
2002	8	14	7	24	22.17	37.5333	-118.8263	6310	Desconocido	2.03	235,37	989,68
2002	8	14	7	51	9.54	38.7987	-122.7973	1350	Desgarre	2.80	205,92	758,62
2002	8	16	11	35	17.12	36.7817	-121.2875	9620	Desgarre	1.61	254,83	730,87
2002	8	17	19	12	22.19	39.1407	-123.5570	4160	Inversa	3.04	225,26	875,44
2002	8	29	23	29	57.79	37.2018	-118.6362	11510	Desconocido	2.83	310,48	191,10
2002	8	31	10	59	38.55	37.5192	-118.4467	5410	Desconocido	2.09	283,09	1031,82
2002	8	31	11	57	22.53	38.8408	-122.7885	2160	Normal oblicua	2.85	329,01	1183,22
2002	9	4	21	18	11.28	35.9478	-120.0343	9820	Normal oblicua	2.98	64,59	2575,04
2002	9	7	0	2	10.61	36.0478	-117.8685	7900	Normal	3.61	106,18	2873,11
2002	9	7	2	54	9.92	35.7020	-120.2410	9430	Normal	2.03	206,39	1923,50

2002	9	7	10	13	6.06	38.7547	-122.7123	2220	Normal	2.16	45,79	1978,69
2002	9	8	8	55	7.37	38.7698	-122.7227	1250	Normal	2.24	350,51	2255,91
2002	9	12	9	53	43.94	36.5932	-121.2007	7900	Desconocido	2.34	307,21	1418,19
2002	9	13	12	15	58.90	40.3202	-123.9655	29590	Desconocido	2.42	325,72	517,54
2002	9	17	4	29	58.96	36.9568	-121.5730	6050	Inversa	1.68	144,37	204,80
2002	9	20	11	38	36.17	36.0428	-117.8690	8550	Normal	2.91	118,32	1547,57
2002	9	24	12	28	12.35	36.9978	-121.4598	4500	Inversa	1.68	276,44	1069,43
2002	9	25	2	8	44.12	35.9972	-121.5805	13180	Inversa	2.29	340,76	541,98
2002	9	28	8	26	1.13	38.0380	-118.7903	4940	Desgarre	2.15	272,46	498,37
2002	9	29	19	57	19.59	37.4638	-121.7560	4250	Normal oblicua	2.47	133,67	1187,46
2002	10	2	8	33	9.90	37.4915	-118.8433	8710	Normal	1.65	140,69	326,63
2002	10	3	11	56	26.50	37.4927	-118.8442	8780	Desconocido	2.16	180,79	950,46
2002	10	5	0	38	20.37	39.5995	-120.8653	5960	Normal	2.17	151,40	2207,83
2002	10	5	12	7	38.44	37.2310	-121.6477	5600	Inversa	2.49	334,50	934,27
2002	10	6	7	47	32.78	37.5412	-118.8140	9290	Normal	3.81	13,15	2891,99
2002	10	9	12	7	27.71	36.3343	-120.5145	7750	Desconocido	1.87	52,01	2121,41
2002	10	12	12	5	6.75	36.7828	-121.3355	6460	Inversa	2.08	164,17	836,75
2002	10	23	9	8	50.64	38.7935	-122.7352	2640	Normal	2.48	2,68	2454,29
2002	10	29	22	10	26.65	37.4962	-118.8427	9200	Desconocido	2.74	182,88	579,22
2002	11	2	2	11	9.07	39.3595	-122.8810	8880	Desconocido	2.31	221,63	1128,07
2002	11	6	8	8	15.20	40.8685	-123.7730	24320	Desconocido	3.54	336,22	2230,06
2002	11	8	11	6	21.57	36.8835	-121.4157	7400	Desgarre	1.73	18,39	1502,14
2002	11	9	7	35	2.15	38.6785	-119.5797	5350	Desconocido	2.47	275,58	1248,24
2002	11	12	13	4	8.95	36.5735	-121.1688	6010	Desconocido	2.01	280,10	281,57
2002	11	14	11	33	35.13	37.2147	-122.1150	10900	Inversa	1.93	26,88	422,24
2002	11	14	13	1	46.25	35.3133	-118.6522	7270	Normal	2.87	251,21	1326,80
2002	11	15	6	46	31.78	37.4722	-118.8040	7900	Desconocido	2.52	65,09	687,61

2002	11	15	13	28	59.67	37.6417	-118.9478	7460	Normal	2.52	251,27	963,71
2002	12	3	2	7	39.94	37.4963	-118.8228	12390	Desconocido	2.13	234,63	3145,61
2002	12	8	13	6	27.32	37.4648	-118.7823	11130	Normal	2.65	62,72	959,51
2002	12	9	8	37	27.17	36.5513	-121.1402	2760	Desconocido	2.33	277,58	748,52
2002	12	11	20	33	18.26	36.0838	-119.8688	20450	Normal	2.31	170,60	434,79
2002	12	15	2	30	20.25	39.0313	-118.5532	40	Desconocido	3.31	270,48	1073,05
2002	12	20	14	37	9.53	37.5392	-118.8722	7050	Desgarre	1.61	181,35	1386,29
2002	12	23	11	7	4.78	37.4805	-118.8362	4510	Normal oblicua	1.90	26,99	1521,15
2002	12	24	8	22	30.88	37.6072	-122.4750	8970	Desconocido	3.60	283,91	1869,29
2002	12	26	11	21	22.34	36.6230	-121.1130	8700	Normal	2.28	292,10	642,70
2002	12	26	18	21	48.17	37.4792	-118.8433	8330	Normal	2.04	142,99	1173,53
2003	1	4	22	49	21.00	35.3273	-118.6632	5560	Normal	2.96	82,56	674,38
2003	1	6	12	58	35.54	35.3210	-118.6545	5920	Normal	3.01	74,62	1816,56
2003	1	10	15	25	27.06	37.0293	-118.3762	3630	Normal	2.34	59,06	747,66
2003	1	16	8	20	47.16	38.7767	-122.7192	2390	Normal	2.46	27,70	2714,20
2003	1	16	12	56	50.21	35.3227	-118.6448	7870	Desconocido	2.83	168,01	1933,12
2003	1	17	3	13	49.01	39.3688	-123.0515	6450	Desconocido	2.38	229,81	1406,62
2003	1	18	11	8	15.09	37.6015	-118.9162	4350	Desconocido	1.75	81,04	2743,67
2003	1	21	11	42	5.86	36.5683	-121.0302	8220	Desconocido	1.84	21,78	691,69
2003	1	22	6	26	51.30	36.0807	-120.6420	3200	Desconocido	1.69	222,33	934,20
2003	1	22	8	15	3.84	37.5128	-118.6327	6810	Desconocido	2.24	300,92	2130,97
2003	1	25	9	16	9.94	35.3300	-118.6665	18100	Normal	4.37	214,13	754,25
2003	1	25	23	40	49.15	36.7335	-121.3305	7950	Inversa oblicua	2.02	107,22	421,88
2003	1	28	12	45	21.47	37.5183	-118.8250	4090	Desconocido	2.04	191,24	799,46
2003	1	29	7	4	42.70	37.2415	-122.0220	6850	Inversa	2.24	199,34	1024,66
2003	1	31	2	22	26.37	38.6650	-119.5295	5350	Desconocido	2.35	217,94	2265,73
2003	1	31	5	4	19.08	38.8270	-122.7633	3410	Desgarre	2.41	268,89	1202,11

2003	2	4	12	8	29.48	39.9880	-120.0475	6350	Inversa	2.24	231,49	737,48
2003	2	8	14	3	42.69	36.5893	-120.6883	12960	Inversa	2.35	263,32	334,44
2003	2	8	20	12	7.58	36.6230	-121.2327	6300	Desgarre	2.07	226,09	734,46
2003	2	10	13	45	34.73	38.8047	-122.7543	1080	Inversa	1.68	300,79	500,64
2003	2	15	16	27	43.02	37.1278	-118.0218	3510	Normal	2.32	278,89	1051,17
2003	2	16	5	40	38.20	36.5792	-121.1750	6030	Desconocido	1.75	287,72	1381,85
2003	2	16	13	49	50.27	38.7933	-122.7237	2360	Normal	2.34	137,01	2904,14
2003	2	23	1	41	6.11	37.5577	-118.7918	8440	Normal	1.83	23,66	1071,88
2003	2	23	3	14	6.63	38.7717	-122.7268	1320	Normal	2.55	47,38	1463,26
2003	2	23	7	14	8.06	36.5945	-121.2025	8850	Desconocido	2.48	166,39	918,30
2003	3	6	10	18	21.01	36.0995	-120.2270	12820	Inversa	1.89	210,67	556,52
2003	3	13	7	51	7.20	37.5350	-118.5527	11470	Desconocido	1.68	81,72	1102,30
2003	3	19	7	55	5.63	37.5227	-119.0445	7200	Normal	1.79	341,27	2597,69
2003	3	19	15	34	12.58	36.5685	-121.1052	10240	Desgarre	2.27	156,36	928,77
2003	3	23	21	45	9.22	37.3937	-121.7833	660	Desgarre	2.64	290,60	1010,39
2003	3	24	7	18	40.44	35.8082	-121.2788	9850	Normal	2.73	156,28	717,61
2003	3	24	23	56	53.59	37.9027	-122.2130	8560	Desconocido	2.45	305,75	1055,20
2003	3	25	1	28	16.67	38.7850	-122.7717	2930	Normal oblicua	3.31	355,43	1476,36
2003	3	25	7	5	11.14	37.8655	-122.2422	11440	Desgarre	2.23	109,24	977,14
2003	3	30	10	35	38.56	40.9680	-121.6943	16940	Normal	3.25	98,28	2120,94
2003	4	2	19	55	12.66	37.0557	-121.4887	8840	Desconocido	1.92	312,07	777,78
2003	4	4	16	45	10.79	37.3023	-122.0792	6050	Inversa	2.42	58,58	943,18
2003	4	5	20	27	8.43	37.4698	-118.6490	6090	Desconocido	2.04	328,70	1511,19
2003	4	6	16	16	0.08	38.8148	-122.8082	4830	Normal	2.68	204,74	1721,10
2003	4	7	0	44	56.01	38.0978	-118.9888	12480	Desconocido	2.11	64,33	1261,93
2003	4	7	8	38	43.61	38.7587	-122.7147	2480	Normal	2.74	242,00	541,84

2003	4	8	23	38	54.92	35.6357	-120.7410	7220	Normal	2.15	337,71	1002,48
2003	4	9	12	30	59.91	36.0155	-121.0415	10910	Inversa oblicua	2.01	299,01	353,87
2003	4	16	1	30	41.01	38.8178	-122.7782	1400	Normal	3.16	172,32	1480,80
2003	4	20	21	30	13.82	36.6045	-121.2153	9320	Desconocido	2.20	319,49	1283,52
2003	4	20	21	49	25.29	38.8225	-122.7678	2260	Normal	2.73	327,45	1628,67
2003	4	23	6	8	31.77	38.7902	-122.7275	1970	Normal	1.71	92,07	1609,38
2003	4	24	23	39	52.27	38.8215	-122.7988	3580	Normal	3.08	234,48	841,80
2003	4	26	18	23	38.13	38.8240	-122.8018	3230	Normal	2.04	6,22	929,59
2003	4	27	12	41	53.67	39.7647	-122.0935	27870	Inversa	3.02	5,20	517,95
2003	5	2	15	1	55.47	40.6475	-124.0303	24820	Normal	3.12	226,66	1334,89
2003	5	4	14	10	24.75	38.7873	-122.7743	1570	Normal	1.76	161,46	626,62
2003	5	4	21	58	51.00	36.3440	-120.9160	4540	Desgarre	2.86	8,59	1430,76
2003	5	6	8	23	15.26	38.7858	-122.7750	1760	Normal	1.86	195,52	1639,86
2003	5	6	21	22	0.22	38.8162	-122.7652	1420	Inversa	1.93	142,18	904,71
2003	5	8	0	17	52.88	37.8182	-122.0732	11820	Desconocido	1.94	355,24	1154,54
2003	5	9	2	15	12.01	35.9052	-120.4490	6290	Desgarre	2.08	4,47	842,35
2003	5	9	2	55	34.51	36.5902	-121.1908	7160	Desconocido	2.87	20,93	963,11
2003	5	11	17	30	26.73	38.7692	-122.7328	1410	Normal	1.68	12,83	1483,77
2003	5	15	18	12	4.15	38.7773	-122.7477	370	Desgarre	2.43	296,99	1184,48
2003	5	18	16	36	13.00	38.5068	-123.2820	7720	Inversa	2.60	48,84	947,19
2003	5	18	17	26	59.28	36.4655	-121.0443	5420	Desgarre	2.07	227,73	1175,95
2003	5	18	20	44	44.87	38.8063	-122.7878	1470	Inversa	2.02	153,13	1061,38
2003	5	19	22	51	29.77	38.8057	-122.8027	3070	Desgarre	2.94	357,44	1263,62
2003	5	20	0	55	55.93	37.6902	-121.9497	9970	Desgarre	1.65	47,81	1660,88
2003	5	21	22	14	33.63	37.6093	-122.4790	8890	Normal	2.52	286,66	1033,07
2003	5	22	3	1	42.44	36.6983	-121.3335	5270	Desgarre	2.42	42,39	715,00

2003	5	22	6	15	26.08	38.7917	-122.7782	1630	Desgarre	2.31	112,36	600,06
2003	5	22	12	0	31.18	37.5488	-122.5067	5150	Inversa	1.91	97,49	144,71
2003	5	24	8	51	24.04	36.7342	-121.4038	7020	Desconocido	2.04	145,79	544,64
2003	5	26	21	15	29.38	37.7703	-122.5747	8690	Normal	3.42	88,89	1925,25
2003	5	27	13	18	33.06	37.0410	-121.8110	10650	Normal	1.88	236,34	1393,71
2003	5	28	13	0	45.49	36.6507	-121.2758	12200	Inversa	1.61	38,70	928,46
2003	5	28	14	9	39.37	37.5428	-118.8768	5890	Normal	2.81	243,11	2236,59
2003	5	30	6	25	44.80	36.6500	-121.2767	11860	Inversa	1.88	149,10	275,52
2003	5	31	0	20	37.50	39.4263	-122.9340	8640	Normal	2.31	119,30	1577,31
2003	5	31	3	34	29.58	36.2777	-120.8085	6350	Inversa	2.40	5,98	313,83
2003	6	2	20	54	23.91	37.2575	-121.6407	5800	Desconocido	1.60	336,64	649,53
2003	6	3	21	22	26.40	38.8158	-122.7987	1540	Desconocido	1.79	334,35	1539,84
2003	6	5	2	2	14.42	38.8112	-122.8075	3240	Normal	2.08	69,41	795,35
2003	6	12	23	18	58.57	37.6473	-122.5668	310	Desgarre	2.19	88,13	2170,20
2003	6	16	0	39	8.23	36.9610	-121.6225	4320	Desconocido	1.66	96,35	1401,51
2003	6	16	20	55	33.02	39.2823	-122.7728	7950	Desconocido	2.40	330,66	1860,64
2003	6	18	22	43	15.60	36.8738	-121.4025	7360	Normal oblicua	1.62	339,15	1555,98
2003	6	21	1	0	18.31	39.4308	-122.9243	9480	Normal	2.82	340,12	480,87
2003	6	22	3	51	52.61	38.8053	-122.7555	2180	Normal oblicua	2.90	19,01	674,55
2003	6	22	7	14	5.43	37.4562	-119.1553	23150	Desconocido	2.07	127,37	854,71
2003	6	22	17	29	9.33	37.5645	-118.8807	6260	Normal oblicua	2.16	71,01	563,13
2003	6	26	17	17	44.83	37.6395	-122.5617	310	Desgarre	2.11	313,92	657,22
2003	6	26	21	33	54.42	37.5415	-118.8778	5920	Desconocido	2.09	91,46	1756,33
2003	6	26	21	43	20.80	38.7882	-122.7547	1430	Desconocido	2.09	87,46	1940,30
2003	6	27	0	26	11.98	41.2100	-120.4597	9730	Normal	3.23	138,03	2378,12
2003	6	29	3	11	5.16	39.4245	-122.9412	7500	Normal	2.90	198,53	1026,88
2003	6	29	20	45	52.53	38.7963	-122.7967	1700	Desgarre	2.38	4,73	1449,55

2003	7	1	19	52	54.67	37.7658	-122.5798	9180	Normal	2.18	317,08	2624,31
2003	7	2	7	20	34.79	37.7507	-122.3348	20650	Inversa	2.05	63,41	312,12
2003	7	7	10	4	36.08	38.7697	-122.7345	2170	Normal oblicua	2.06	219,08	1001,05
2003	7	8	23	36	32.65	37.4897	-118.8370	3740	Normal	2.05	214,45	265,41
2003	7	10	12	54	17.64	37.1475	-121.5387	8200	Desconocido	1.64	206,40	755,31
2003	7	11	0	35	53.02	37.5502	-118.8585	9110	Normal oblicua	2.12	184,53	794,52
2003	7	13	12	56	30.51	36.7478	-121.1227	4740	Normal	1.86	156,15	927,32
2003	7	19	8	4	12.31	37.4655	-118.8407	6950	Desconocido	2.44	262,02	466,36
2003	7	20	13	22	22.79	37.5023	-118.8253	560	Desgarre	2.80	40,28	235,46
2003	7	23	10	20	50.97	36.3160	-120.7330	8200	Inversa	2.72	33,75	613,16
2003	7	24	13	43	39.62	36.6198	-121.2288	6240	Desconocido	2.14	258,29	1190,28
2003	7	25	0	49	3.21	37.5487	-122.5067	5240	Inversa	2.08	359,20	775,18
2003	7	30	19	1	9.93	36.0358	-121.5597	9070	Inversa	2.59	130,01	1277,22
2003	7	30	20	15	7.49	36.1125	-120.1170	8220	Inversa	2.14	164,80	1130,26
2003	8	2	21	20	28.72	38.8155	-122.8118	3190	Desconocido	2.49	316,12	955,66
2003	8	4	12	33	57.91	37.6130	-118.8247	5150	Normal oblicua	1.65	5,91	711,60
2003	8	5	1	42	14.56	37.4527	-118.6910	4540	Desconocido	1.75	69,65	341,79
2003	8	7	16	14	17.56	36.5387	-121.1237	3180	Desgarre	1.93	340,32	1132,50
2003	8	11	5	13	57.96	38.3975	-122.4037	11970	Normal	2.26	239,11	1105,99
2003	8	11	14	18	44.08	36.1268	-120.6893	8000	Desconocido	2.64	199,58	1378,80
2003	8	13	23	22	22.22	37.3755	-119.0077	8900	Normal	1.88	53,37	1776,81
2003	8	14	13	21	15.48	38.7720	-122.7160	2150	Normal	1.99	101,00	987,71
2003	8	15	3	30	38.29	38.8228	-122.7942	3490	Normal	2.33	163,29	1832,76
2003	8	15	17	21	42.23	37.4778	-118.8403	6220	Normal	1.93	242,32	1498,66
2003	8	16	2	5	1.18	40.5127	-124.1933	19370	Inversa	2.70	270,61	492,64
2003	8	16	18	33	6.52	37.7202	-121.7868	2420	Inversa	2.33	58,97	350,58

2003	8	18	4	21	41.61	36.3692	-120.9398	8850	Inversa	2.24	345,41	379,98
2003	8	19	7	47	35.13	36.1623	-120.0968	6930	Desconocido	1.96	228,72	839,99
2003	8	19	14	57	18.30	36.7987	-121.3785	3680	Desconocido	1.86	53,46	588,82
2003	8	21	0	17	6.22	37.9927	-118.7445	8470	Normal	1.60	188,59	1195,00
2003	8	21	15	2	13.83	38.8213	-122.7613	2780	Normal	2.82	334,31	1345,14
2003	8	21	18	22	56.99	38.8013	-122.7990	2450	Desconocido	2.67	52,16	1078,18
2003	8	22	17	28	34.55	35.9705	-120.5200	11400	Desgarre	2.16	9,49	1198,09
2003	8	28	0	57	5.43	37.5115	-118.9868	5870	Normal	2.00	134,69	2462,22
2003	8	29	1	17	16.30	38.7498	-122.7218	1940	Normal	1.82	124,58	1706,72
2003	8	30	12	20	37.49	37.5687	-122.4300	8130	Normal	1.85	81,87	2004,75
2003	8	30	13	31	21.68	40.5373	-123.9713	25860	Normal	2.88	103,10	1942,44
2003	9	2	9	31	1.75	37.6397	-122.0378	4680	Desconocido	2.78	284,89	1081,74
2003	9	3	9	10	24.83	38.7765	-122.7145	2310	Normal oblicua	1.88	250,07	1315,85
2003	9	3	12	15	37.42	36.6992	-121.3310	4070	Desconocido	2.28	321,06	701,20
2003	9	4	11	57	54.89	37.5390	-118.8128	9150	Normal	1.97	283,66	1526,34
2003	9	4	17	19	14.52	37.4667	-118.3960	11810	Desgarre	1.95	46,54	1008,57
2003	9	8	16	47	7.40	39.2462	-120.0677	26320	Inversa	1.92	127,31	1281,20
2003	9	8	20	2	2.80	37.5132	-118.8255	7010	Desconocido	2.12	37,06	1186,95
2003	9	12	12	39	54.18	38.8202	-122.8107	1340	Normal	2.31	104,08	1926,75
2003	9	22	22	8	21.94	37.4773	-118.8377	3680	Desconocido	2.70	126,63	1113,09
2003	9	23	6	18	11.49	38.6143	-119.5570	3020	Normal	2.21	17,10	1271,93
2003	9	27	6	29	5.32	37.3690	-122.2508	10100	Inversa	1.74	126,51	1101,05
2003	9	30	10	29	12.65	38.8440	-122.7983	1230	Normal	1.70	345,34	1586,27
2003	10	3	11	40	51.92	38.7613	-119.6038	1250	Desconocido	3.09	268,35	859,57
2003	10	8	12	56	40.81	38.8245	-122.7645	2510	Normal	1.86	182,72	2010,60
2003	10	12	10	14	28.79	37.5328	-118.8273	7160	Normal	2.16	54,26	1816,77
2003	10	17	9	8	28.81	38.4502	-122.6428	10200	Normal oblicua	2.24	326,95	1337,60

2003	10	18	20	14	39.17	37.6348	-118.9302	8130	Normal	1.76	125,06	1159,18
2003	10	19	18	29	10.51	37.3023	-121.6762	6470	Desconocido	2.00	59,21	828,91
2003	10	23	13	38	43.82	37.5683	-118.8390	3910	Normal	2.19	227,97	1615,65
2003	10	27	8	8	52.61	36.4978	-121.0738	3710	Normal oblicua	2.06	338,77	2819,44
2003	10	29	21	39	28.52	38.7720	-122.7168	2230	Desconocido	1.62	206,66	2124,34
2003	10	30	13	31	39.04	38.3195	-119.3027	250	Desgarre	2.91	49,43	673,51
2003	11	1	14	52	35.41	35.1273	-118.9333	16130	Desconocido	3.63	358,95	1064,51
2003	11	3	17	4	11.77	36.7168	-121.1962	4660	Inversa	2.11	189,49	669,36
2003	11	5	9	48	2.19	38.7018	-119.4715	7970	Normal	1.86	119,23	1674,73
2003	11	5	20	44	44.84	38.8095	-122.8130	4560	Desconocido	2.43	88,31	1293,72
2003	11	6	22	4	13.23	37.2090	-121.6633	7030	Inversa	3.70	295,28	669,57
2003	11	11	10	23	26.06	37.3110	-118.1260	12140	Normal	2.62	50,29	2140,36
2003	11	15	11	1	13.56	38.7032	-119.6162	4960	Desgarre	2.48	338,99	999,30
2003	11	16	17	27	57.58	36.6343	-121.1595	9340	Desconocido	2.22	94,72	850,16
2003	11	16	19	52	58.76	39.4218	-119.9210	3060	Normal oblicua	2.77	151,52	1066,26
2003	11	17	22	48	39.59	39.7853	-123.4572	4260	Normal	2.81	193,49	812,96
2003	11	29	13	17	32.69	39.2257	-120.0695	26650	Desconocido	1.90	19,59	756,23
2003	12	1	23	14	54.09	39.9462	-120.7357	7510	Desconocido	3.21	209,91	1114,95
2003	12	4	20	6	42.34	36.4690	-121.0480	5930	Desconocido	2.16	51,17	323,57
2003	12	9	12	17	19.36	35.6900	-120.2368	9600	Normal	1.89	112,73	2650,06
2003	12	10	8	36	29.93	36.5925	-120.7268	4620	Desgarre	2.41	355,02	1299,76
2003	12	11	10	7	23.47	37.4712	-118.8133	11870	Desconocido	2.32	31,58	1210,78
2003	12	13	9	33	55.55	38.8122	-122.8277	1090	Desconocido	2.51	328,76	1336,34
2003	12	13	10	7	33.43	36.8863	-121.6168	6630	Desgarre	2.05	342,13	802,68
2003	12	15	21	39	5.45	38.6127	-122.9337	3580	Desconocido	2.05	239,52	457,84
2003	12	17	9	55	23.35	38.7715	-122.7152	2020	Normal	2.05	180,51	737,83
2003	12	19	18	29	34.23	38.7412	-122.6937	10240	Normal	3.20	22,21	243,03

2003	12	24	23	40	36.66	37.5882	-118.7922	7420	Normal	2.00	85,38	1153,06
2003	12	28	12	14	48.96	35.9643	-120.5140	7550	Desconocido	1.91	12,45	966,55
2004	1	3	7	21	30.52	38.8282	-122.7970	40	Normal	3.21	34,30	2077,20
2004	1	6	8	3	39.01	37.6373	-118.9487	8160	Desconocido	2.37	20,83	1588,59
2004	1	8	10	38	13.84	38.7193	-119.6145	700	Normal	3.01	56,19	2749,99
2004	1	12	3	56	9.62	38.7880	-122.7715	420	Inversa	2.01	18,54	702,03
2004	1	12	7	54	32.80	37.5422	-118.8170	6020	Desconocido	1.86	274,81	1027,99
2004	1	13	1	14	27.42	37.5117	-118.8397	3800	Normal	3.84	76,61	847,05
2004	1	13	11	7	19.58	36.2550	-120.8273	7280	Inversa	2.05	160,89	320,37
2004	1	14	0	44	49.18	35.3042	-120.7983	5430	Inversa	2.78	179,23	442,38
2004	1	21	12	4	7.67	36.6047	-121.2072	2570	Desconocido	2.53	113,43	1832,45
2004	1	29	22	59	43.80	38.8208	-122.7622	2700	Normal	2.05	259,10	1061,04
2004	1	31	1	9	54.98	37.1578	-121.5607	2930	Desgarre	2.37	272,71	602,61
2004	1	31	7	52	3.72	37.6772	-122.5357	7780	Normal oblicua	2.01	79,89	1133,43
2004	2	1	7	22	13.12	38.7523	-122.7302	1720	Normal	2.64	45,20	1671,31
2004	2	10	2	24	12.97	36.4692	-121.0472	5900	Desconocido	2.09	103,52	599,48
2004	2	10	19	10	38.97	36.2983	-120.5917	11060	Inversa	2.26	72,92	670,11
2004	2	17	15	36	21.01	38.8198	-122.8433	2030	Normal	3.15	240,92	1344,39
2004	2	24	21	47	16.65	36.9703	-121.6037	5970	Desconocido	1.93	352,45	809,92
2004	2	28	11	30	16.48	37.0433	-121.7827	6270	Inversa	1.72	284,73	365,25
2004	3	2	7	49	4.78	38.8157	-122.7973	2020	Inversa	2.04	228,75	804,92
2004	3	5	2	13	14.35	38.7793	-122.7198	2130	Desconocido	2.47	237,05	1771,10
2004	3	8	23	38	41.71	37.5528	-118.8582	8850	Normal	1.87	86,83	1695,89
2004	3	9	15	36	43.49	37.8010	-122.5922	4740	Desconocido	2.29	193,69	1763,44
2004	3	10	12	8	57.73	38.7797	-122.7602	1060	Inversa	2.11	248,51	374,57
2004	3	13	7	24	2.94	38.7867	-122.7718	1850	Inversa	1.76	258,60	841,88
2004	3	13	22	42	5.24	38.7912	-122.7372	1840	Normal	2.09	278,65	1512,28

2004	3	16	6	38	32.57	36.8050	-121.5203	4870	Desconocido	4.25	30,71	1644,29
2004	3	21	10	8	1.96	37.2498	-122.1048	12800	Inversa	2.49	237,07	765,42
2004	3	24	2	9	54.66	39.6262	-121.1392	12740	Normal	2.12	116,30	2202,24
2004	3	24	18	25	10.54	38.7693	-122.7300	1810	Desgarre	1.88	224,83	572,60
2004	3	26	21	17	14.62	38.8020	-122.8078	640	Inversa	1.79	132,61	588,26
2004	3	27	20	7	53.38	36.5457	-121.1370	9050	Desgarre	1.95	255,55	556,03
2004	3	30	1	58	8.23	36.1840	-118.2392	220	Desconocido	2.96	303,61	576,12
2004	3	30	4	17	21.70	35.9490	-120.4992	10970	Desgarre	2.44	357,12	441,29
2004	3	31	10	17	36.67	36.9652	-121.5907	6770	Desconocido	2.28	137,98	1061,89
2004	4	3	17	13	51.18	38.7585	-122.7120	2040	Normal	1.91	276,18	856,84
2004	4	8	21	57	31.10	38.7522	-122.7058	2330	Normal	1.85	345,89	1983,61
2004	4	11	3	53	6.00	39.5023	-121.2198	11880	Desconocido	1.98	63,73	1314,41
2004	4	13	15	7	8.77	38.8165	-122.8197	1930	Normal	2.62	270,33	1019,72
2004	4	14	13	46	55.57	38.3730	-119.3265	11270	Normal	3.16	249,44	636,80
2004	4	15	15	19	37.60	38.4160	-122.4780	11240	Normal	1.65	261,21	1621,24
2004	4	16	8	10	49.47	38.7610	-122.7320	1460	Desconocido	2.06	22,78	914,52
2004	4	18	1	2	28.39	38.7920	-122.8008	3580	Desconocido	1.81	142,41	1180,71
2004	4	20	13	1	19.60	38.8653	-122.7930	1680	Normal	1.84	127,08	892,58
2004	4	22	14	21	55.38	37.4132	-118.5988	11880	Desconocido	2.33	102,97	374,54
2004	4	26	9	41	18.46	38.8342	-122.8275	1310	Normal	1.74	110,65	1407,07
2004	4	26	20	23	49.50	36.9822	-121.6375	5240	Normal oblicua	1.65	246,87	781,82
2004	5	2	3	38	23.06	36.9762	-121.6122	8860	Normal	1.77	287,71	1313,43
2004	5	2	7	51	45.81	38.7633	-122.7313	910	Normal	2.40	26,93	1774,53
2004	5	2	12	20	13.35	37.6132	-118.7998	9250	Desconocido	2.32	199,21	1030,64
2004	5	3	5	46	48.60	37.6318	-119.0450	4840	Normal	1.97	339,62	1817,57
2004	5	3	17	12	42.00	37.5673	-118.8643	6730	Desconocido	2.75	333,24	1268,48
2004	5	8	3	25	55.56	35.4447	-120.8337	870	Desconocido	2.15	123,38	3131,05

2004	5	8	20	29	26.12	39.3318	-123.2113	7860	Desconocido	2.42	285,78	1356,28
2004	5	9	0	2	17.25	36.5560	-121.1490	7070	Desconocido	2.64	21,02	1395,55
2004	5	9	17	7	0.36	38.7937	-122.7370	1910	Normal	1.97	200,02	1993,39
2004	5	11	7	54	19.95	39.8012	-122.8647	8340	Desconocido	2.77	135,31	925,60
2004	5	20	2	43	57.20	37.7175	-121.8147	17100	Inversa	2.35	334,67	1144,96
2004	5	25	10	3	13.79	38.8178	-122.7678	1020	Normal	2.10	290,46	193,59
2004	5	26	1	24	57.70	36.8202	-121.5427	6100	Desconocido	2.29	8,12	269,49
2004	5	27	22	17	36.31	37.5387	-118.8655	9820	Normal	1.98	243,19	1064,89
2004	5	30	16	53	16.91	38.7993	-122.8087	3800	Normal	1.74	346,35	1853,92
2004	6	3	21	36	19.63	38.7985	-122.8387	2410	Normal oblicua	2.04	29,99	2136,90
2004	6	6	22	7	17.84	36.8700	-120.6330	4740	Desconocido	1.98	334,45	878,73
2004	6	10	15	52	33.56	36.6238	-121.1158	6050	Inversa	1.63	196,08	257,23
2004	6	10	23	40	40.51	36.7702	-121.4087	8900	Inversa	1.61	75,85	148,90
2004	6	11	14	50	35.23	35.5108	-120.8135	6310	Inversa	1.79	140,00	489,87
2004	6	13	13	32	31.06	37.0887	-121.0382	7360	Inversa	2.04	81,79	635,08
2004	6	16	18	19	9.16	37.2952	-121.6752	3820	Desconocido	2.28	313,04	445,40
2004	6	16	20	20	12.24	35.6433	-120.9498	5710	Desgarre	2.90	16,13	1823,22
2004	6	17	22	45	24.94	35.5257	-120.7925	5660	Inversa	2.13	246,24	1144,27
2004	6	18	17	53	30.80	38.7975	-122.7968	1200	Desconocido	2.42	279,30	1286,25
2004	6	18	19	54	17.33	38.7945	-122.7378	1570	Normal	1.70	340,81	2498,61
2004	6	20	0	45	52.40	36.1237	-120.0073	9260	Desconocido	1.88	87,90	2440,95
2004	6	22	23	8	0.82	36.5873	-121.1877	7320	Desgarre	2.51	355,12	1068,71
2004	6	23	1	30	14.63	36.5885	-121.0795	11080	Normal oblicua	1.94	52,53	1554,46
2004	6	23	20	17	14.76	38.8285	-122.8048	2150	Normal	2.02	260,14	1400,57
2004	6	24	2	50	6.66	35.6928	-119.7625	22290	Desconocido	2.46	244,69	376,43
2004	6	24	3	16	5.14	38.8242	-122.7967	3360	Normal oblicua	2.03	79,69	1280,56

2004	7	2	10	0	17.26	38.8278	-122.7950	2180	Inversa	2.21	276,86	399,66
2004	7	3	22	43	0.23	38.8617	-122.7940	2680	Normal	1.73	35,42	2550,69
2004	7	5	15	31	47.80	35.4415	-120.8455	3050	Normal	1.60	168,62	439,50
2004	7	5	21	47	54.54	38.8153	-122.7955	3180	Normal	1.73	326,87	2064,19
2004	7	6	3	5	26.79	37.2268	-117.5882	4810	Normal oblicua	2.45	102,76	1737,25
2004	7	9	1	27	45.91	38.7892	-122.7462	1950	Normal	1.67	357,26	640,89
2004	7	9	4	25	21.96	38.8138	-122.8010	1590	Normal	1.72	101,06	441,17
2004	7	10	8	56	57.10	38.8152	-122.7973	2080	Inversa	1.71	20,42	415,22
2004	7	16	15	2	19.02	38.7682	-122.7147	1710	Normal	1.78	226,43	2011,10
2004	7	20	15	31	13.05	37.5680	-118.7897	7690	Normal	2.52	204,63	2071,71
2004	7	23	22	35	6.65	38.7723	-122.7177	2190	Normal	2.15	298,08	952,43
2004	7	25	17	24	41.97	38.8213	-122.8407	930	Inversa	1.91	232,26	582,74
2004	7	30	14	28	22.03	37.9257	-122.2885	10500	Desconocido	2.15	217,70	1898,13
2004	7	30	20	20	9.97	38.9470	-123.2382	1660	Inversa	2.84	198,07	1170,59
2004	8	2	7	31	21.53	37.4168	-118.8877	2670	Desconocido	2.20	349,98	542,75
2004	8	2	22	12	31.66	38.7730	-122.7433	1160	Desgarre	1.97	350,75	966,07
2004	8	3	9	17	55.29	38.8132	-122.7860	3260	Normal	2.52	357,73	930,91
2004	8	3	15	33	57.68	37.2942	-121.6770	2200	Desconocido	1.70	122,74	391,54
2004	8	3	18	46	44.95	39.4792	-122.0673	23010	Normal	3.27	253,86	1982,89
2004	8	5	13	18	13.23	37.2880	-122.3325	6370	Inversa	2.13	249,13	370,22
2004	8	6	5	52	52.39	39.4800	-122.9960	9680	Normal	2.33	177,80	501,26
2004	8	7	0	4	23.82	36.9173	-119.1417	35280	Normal	2.32	18,47	924,83
2004	8	8	8	22	18.40	38.7733	-122.7190	2220	Desconocido	2.88	247,95	702,92
2004	8	8	13	16	33.09	38.8198	-122.8252	2620	Desconocido	2.20	323,25	424,45
2004	8	9	1	18	42.59	38.7897	-122.7482	2280	Inversa	1.75	291,92	502,31
2004	8	10	11	48	4.39	36.5797	-121.0853	6760	Desgarre	2.13	215,11	869,93
2004	8	10	16	44	23.52	36.4972	-121.0722	3880	Desgarre	2.36	346,79	800,11

2004	8	13	1	28	24.25	38.8290	-122.8008	1650	Normal	1.74	170,05	2234,58
2004	8	18	8	3	12.48	38.8183	-122.7995	3450	Normal	1.67	337,58	811,61
2004	8	20	3	10	50.45	37.8377	-122.6023	4840	Normal	1.84	136,35	1689,74
2004	8	21	5	14	59.33	38.8123	-122.7997	2840	Desconocido	1.73	199,75	1347,74
2004	8	22	20	6	39.08	38.7675	-122.7217	1690	Normal	2.03	202,94	224,24
2004	8	23	0	17	54.05	37.4820	-118.8357	4660	Normal	2.20	49,24	579,85
2004	8	25	13	55	21.89	39.8943	-120.4490	10090	Desconocido	2.18	287,23	1458,87
2004	8	26	12	22	11.41	36.5865	-121.1875	6940	Desconocido	2.01	215,77	1474,90
2004	8	27	16	16	48.37	38.8158	-122.8160	2270	Inversa	2.61	128,02	1230,61
2004	8	29	9	25	22.17	35.6057	-120.8940	6380	Desconocido	1.80	26,11	908,74
2004	8	29	21	10	39.64	38.8053	-122.7703	1880	Normal oblicua	1.64	16,77	2633,63
2004	9	1	11	35	32.11	38.7900	-122.8018	3890	Desconocido	2.08	38,67	906,28
2004	9	5	18	14	34.28	37.2053	-119.7570	17540	Inversa	2.38	248,45	554,27
2004	9	6	3	43	4.84	36.1472	-120.6615	2560	Inversa	2.81	355,01	547,02
2004	9	6	19	23	28.38	36.8202	-121.2842	8410	Desconocido	1.69	161,15	283,09
2004	9	7	10	57	11.61	38.7608	-122.7163	2180	Normal	3.06	267,52	774,59
2004	9	7	19	23	31.00	36.9452	-121.4413	3030	Desgarre	3.10	93,07	809,98
2004	9	8	17	15	31.79	38.3998	-122.4373	10750	Desgarre	2.92	5,91	971,26
2004	9	8	19	55	37.98	36.5985	-121.2013	7180	Desgarre	2.38	78,92	843,89
2004	9	9	18	51	39.33	36.9443	-121.4430	2190	Desconocido	2.72	28,56	1371,20
2004	9	9	21	12	38.43	35.6132	-120.8920	6420	Desconocido	2.16	93,14	1234,90
2004	9	12	22	31	0.27	36.1877	-120.7665	3660	Normal oblicua	1.99	100,65	2022,72
2004	9	13	7	28	23.25	37.5532	-118.8203	6900	Normal	1.73	15,64	895,62
2004	9	13	11	33	23.95	35.5825	-120.8922	6430	Inversa	1.65	301,17	467,96
2004	9	15	8	5	20.48	37.9563	-121.5562	10380	Normal	2.31	333,33	1508,85
2004	9	20	8	57	40.68	36.6378	-121.2515	9840	Inversa	2.32	112,63	801,38

2004	9	25	18	0	51.66	36.8688	-121.6002	5570	Inversa	1.89	172,52	922,82
2004	9	26	9	38	18.49	37.3647	-119.9995	22720	Inversa	2.63	287,83	609,97
2004	9	26	15	51	34.81	37.6427	-119.4148	6230	Normal	2.19	263,04	1932,39
2004	9	28	11	47	47.22	35.5980	-120.9800	4500	Desconocido	2.11	118,25	2675,90
2004	9	29	23	19	56.39	36.7843	-121.3328	6870	Inversa	1.92	279,10	656,11
2004	10	2	1	40	55.48	36.7655	-121.3973	9420	Inversa	1.97	334,74	455,42
2004	10	2	21	5	7.20	35.7927	-121.3463	5500	Normal	2.47	333,40	1017,65
2004	10	5	12	53	50.00	35.6405	-120.9397	4240	Desconocido	1.87	179,66	500,13
2004	10	8	17	31	38.26	35.8025	-121.3407	4900	Inversa	2.29	196,90	691,70
2004	10	8	23	22	19.83	36.0205	-120.5793	5020	Desconocido	2.77	174,78	1151,10
2004	10	9	21	47	23.41	38.8510	-122.8320	2170	Desconocido	3.04	97,05	1688,08
2004	10	12	12	46	42.79	38.7540	-122.7108	3300	Normal	2.47	166,79	2196,25
2004	10	15	12	12	45.94	36.8142	-121.4023	6830	Inversa	1.87	278,47	1106,23
2004	10	15	17	20	14.75	37.4187	-118.5750	13440	Normal	1.78	262,21	1811,35
2004	10	20	9	9	47.79	35.7993	-120.3400	4870	Desgarre	2.32	246,07	698,39
2004	10	28	5	23	4.40	35.6450	-121.0888	3480	Inversa	1.80	115,39	921,96
2004	10	30	16	55	16.86	37.0732	-122.2692	9020	Normal	3.44	218,37	1314,75
2004	11	1	20	34	30.66	35.3247	-120.9210	4830	Inversa	2.35	163,76	37,45
2004	11	2	6	32	6.44	37.9857	-122.0495	16090	Desconocido	2.10	259,52	1163,66
2004	11	2	9	11	38.88	38.8008	-122.7570	670	Desconocido	1.95	148,41	727,93
2004	11	2	12	0	13.21	38.8372	-122.8523	1510	Normal	2.05	29,53	1314,03
2004	11	2	12	41	56.15	35.4780	-120.7823	5950	Inversa	2.04	225,22	680,62
2004	11	2	19	45	35.31	35.7190	-121.0685	6010	Inversa	2.30	282,71	786,94
2004	11	4	11	2	26.08	35.7267	-120.2690	10330	Desconocido	2.30	309,12	781,03
2004	11	5	14	58	9.05	35.8923	-120.4365	10970	Desgarre	1.73	351,85	459,02
2004	11	5	17	5	35.75	37.8583	-122.2370	7970	Desconocido	2.34	46,92	895,55

2004	11	6	19	5	36.55	35.7222	-121.0700	5750	Inversa	2.65	264,78	630,24
2004	11	6	23	13	41.66	35.1843	-120.9238	1780	Normal oblicua	2.61	199,84	799,45
2004	11	7	17	30	23.35	35.6950	-121.0088	7090	Inversa	2.38	210,59	562,25
2004	11	8	19	56	56.31	37.6235	-122.4907	8670	Normal	2.14	69,71	1160,59
2004	11	10	7	42	5.13	38.8388	-122.7732	1920	Desconocido	2.00	20,69	2408,82
2004	11	11	19	38	6.87	36.9722	-121.6207	4260	Normal	1.62	13,54	1537,45
2004	11	15	10	33	4.30	35.7712	-120.3198	8630	Desgarre	1.80	20,21	1907,77
2004	11	16	9	34	5.02	35.7818	-120.3290	8860	Desconocido	3.15	331,09	1183,33
2004	11	16	13	52	41.06	35.8825	-120.4292	6470	Desgarre	1.84	81,96	1346,56
2004	11	16	20	52	50.55	38.8160	-122.8015	2260	Inversa	2.05	296,26	1177,31
2004	11	17	17	23	43.04	35.7207	-121.0667	6210	Inversa	1.97	296,34	935,20
2004	11	18	16	33	55.55	38.8158	-122.8208	2080	Desconocido	1.64	73,53	464,07
2004	11	19	20	7	3.60	38.8210	-122.7800	1490	Desconocido	1.90	135,84	1049,00
2004	11	29	3	24	26.67	35.6660	-121.0580	6250	Inversa	2.75	37,85	992,67
2004	12	1	2	24	38.31	38.7768	-122.7237	2540	Normal	2.47	142,13	258,66
2004	12	2	5	27	7.68	35.6663	-121.0630	6350	Inversa	2.69	61,66	856,56
2004	12	2	13	19	26.04	39.3093	-123.0162	8210	Normal oblicua	2.61	48,56	1353,53
2004	12	5	1	48	4.75	40.7388	-123.8153	29440	Normal	4.30	322,50	629,56
2004	12	6	3	2	12.16	38.7500	-122.7258	3100	Normal	2.43	325,54	1168,07
2004	12	8	3	6	12.91	35.5102	-120.8928	1990	Normal oblicua	2.25	301,48	1848,61
2004	12	9	5	8	48.02	37.7790	-122.5915	4730	Desgarre	2.33	326,79	1405,44
2004	12	11	13	32	27.47	37.4133	-121.7630	7260	Desconocido	2.42	168,54	1295,24
2004	12	12	9	31	26.12	38.8087	-122.8167	860	Normal oblicua	2.23	31,05	3062,19
2004	12	13	7	21	2.35	36.8850	-121.6173	7010	Desconocido	2.08	303,77	468,34
2004	12	16	9	38	17.39	35.9532	-120.5053	14180	Desconocido	2.18	303,87	922,07
2004	12	16	13	46	25.90	36.0298	-120.0745	5100	Normal oblicua	2.56	50,65	1655,27

2004	12	17	21	16	48.29	35.4622	-120.7652	4580	Normal	1.81	229,33	859,13
2004	12	18	1	24	4.45	35.7302	-121.0505	6030	Desconocido	2.25	186,12	110,45
2004	12	18	20	37	12.21	38.5483	-119.5077	6620	Normal	2.70	182,26	1042,40
2004	12	18	21	33	22.44	35.9518	-120.5042	13860	Normal	1.94	202,77	945,91
2004	12	19	13	1	45.49	35.5622	-120.8703	5440	Inversa	1.98	139,67	297,96
2004	12	19	19	24	48.49	35.5957	-120.8810	4010	Inversa	2.16	326,20	276,21
2004	12	25	23	44	5.04	37.9547	-121.5535	9490	Normal	2.28	189,08	1987,05
2004	12	27	10	36	22.97	38.7492	-122.7263	3710	Normal	4.26	43,85	2384,40
2004	12	27	11	7	42.32	35.5805	-120.9470	4110	Desconocido	2.05	66,19	2324,15
2004	12	27	18	17	33.88	36.7570	-121.2560	9140	Desconocido	1.83	312,89	467,50
2004	12	29	3	45	59.98	36.2490	-120.4032	8220	Normal	2.10	234,21	2046,36
2005	1	2	14	14	44.30	36.5925	-121.1908	4830	Desconocido	1.82	45,14	432,65
2005	1	2	19	58	18.63	38.8293	-122.8698	2120	Normal	2.50	198,66	1022,39
2005	1	4	1	14	12.75	35.7268	-121.0757	5930	Inversa	2.14	143,18	554,21
2005	1	6	10	46	5.95	37.4207	-122.2407	6280	Desconocido	2.34	147,28	1144,08
2005	1	9	10	52	42.54	37.4675	-118.8013	12190	Desgarre	1.96	104,34	2035,42
2005	1	10	12	13	12.75	38.0120	-118.7113	7330	Desconocido	3.18	88,45	2162,92
2005	1	13	22	23	21.40	40.0638	-120.3148	5840	Normal	2.39	3,87	1110,62
2005	1	14	12	7	9.26	35.6002	-120.8992	5800	Inversa	2.02	200,15	827,81
2005	1	15	4	52	10.61	38.6792	-122.9095	1910	Normal	2.09	156,45	1114,73
2005	1	18	2	52	50.94	35.7165	-121.0545	5100	Inversa	3.29	169,15	580,37
2005	1	19	10	32	41.81	38.8218	-122.8265	1680	Inversa	2.12	290,58	652,08
2005	1	21	13	16	54.92	39.8190	-121.2270	870	Normal	2.04	177,93	2074,85
2005	1	22	5	56	43.19	35.8558	-120.3982	5040	Desgarre	2.28	338,89	1404,25
2005	1	22	7	36	33.10	38.8085	-122.8153	3620	Desconocido	2.08	205,03	545,61
2005	1	25	17	35	41.65	38.7992	-122.7942	3450	Normal	1.88	273,07	267,59

2005	1	26	10	12	45.35	38.8307	-122.8045	2150	Normal	2.11	34,96	2392,23
2005	1	28	21	46	13.84	36.7158	-121.1870	5460	Desconocido	2.46	214,83	416,92
2005	2	1	20	20	11.82	36.3595	-120.9378	5800	Desconocido	2.07	215,72	312,66
2005	2	5	4	26	42.00	36.6007	-121.2023	6460	Desconocido	1.67	328,21	1107,18
2005	2	5	6	39	7.39	35.8827	-119.9812	2950	Inversa	1.84	206,64	1392,92
2005	2	5	22	46	23.07	36.0207	-120.2275	19070	Inversa	1.77	354,25	313,76
2005	2	6	20	50	25.04	35.5603	-120.8838	6600	Inversa	2.85	269,34	338,14
2005	2	11	4	13	36.51	38.8170	-122.8183	2360	Inversa	1.93	33,25	904,75
2005	2	12	16	26	12.41	37.3290	-122.1157	5930	Inversa	1.98	358,22	570,51
2005	2	13	18	5	6.63	38.7927	-122.7603	3210	Desgarre	3.00	186,56	902,77
2005	2	15	20	17	29.74	38.7710	-122.7143	1680	Normal	1.91	242,58	992,43
2005	2	16	19	21	14.83	38.8183	-122.8260	2370	Normal	2.37	268,55	1259,33
2005	2	17	9	18	32.70	37.2568	-121.6388	7010	Desgarre	3.17	132,68	628,18
2005	2	18	5	1	4.93	35.7298	-121.0298	6280	Desconocido	1.77	182,70	615,31
2005	2	19	6	58	37.88	37.6070	-118.4697	9800	Normal oblicua	2.47	31,90	1633,81
2005	2	20	10	0	16.61	37.4703	-118.8450	6540	Desconocido	3.28	109,16	821,50
2005	2	22	6	13	51.86	35.9765	-120.9802	11840	Desgarre	1.75	305,58	1007,36
2005	2	23	18	25	9.14	35.4783	-120.7777	4720	Inversa	1.63	112,21	485,98
2005	2	27	4	41	52.35	38.8115	-122.8262	2570	Desconocido	1.60	218,19	1377,29
2005	2	27	17	44	56.81	38.7850	-122.7272	2070	Normal	1.61	245,22	1149,92
2005	2	28	1	27	54.12	38.8255	-122.8658	2450	Normal	2.17	105,16	1288,00
2005	3	1	3	59	35.02	35.7138	-121.0727	7770	Inversa	2.35	324,13	455,13
2005	3	5	4	57	31.47	38.7713	-122.7287	1650	Normal	2.12	14,04	1586,27
2005	3	5	6	26	58.67	35.8818	-120.4288	10160	Desgarre	2.16	51,11	1214,03
2005	3	5	7	27	29.98	36.0105	-120.5677	2600	Desgarre	1.91	77,64	867,77
2005	3	6	3	9	37.99	37.6333	-118.8340	9180	Normal	3.00	313,74	2330,26

2005	3	8	3	51	13.56	36.9682	-121.6953	11740	Inversa	1.63	100,05	1094,44
2005	3	8	23	45	8.33	38.8170	-122.8255	2630	Normal	1.74	132,79	2047,17
2005	3	9	9	53	57.97	39.3220	-123.2752	4490	Desconocido	2.50	74,41	1111,23
2005	3	10	12	44	3.29	37.5550	-118.8587	8880	Desconocido	1.60	140,82	2252,36
2005	3	12	9	26	11.43	38.8215	-122.7805	1490	Normal	1.60	5,59	1336,87
2005	3	13	2	27	24.09	35.6647	-121.1130	5150	Inversa	1.83	320,97	875,68
2005	3	13	19	52	38.35	38.7567	-122.7223	2100	Normal	2.29	304,11	1573,21
2005	3	14	20	45	37.12	36.0188	-120.5812	5020	Inversa	1.64	135,59	614,95
2005	3	15	10	38	32.09	36.4262	-120.6463	12620	Normal	1.67	341,62	144,03
2005	3	15	18	27	20.94	37.9807	-118.6580	8200	Desconocido	1.71	235,73	1138,76
2005	3	15	19	46	58.75	39.7605	-122.0663	27140	Desconocido	2.74	264,02	1096,00
2005	3	16	23	47	13.85	35.9305	-119.9700	28600	Inversa	3.18	167,58	600,49
2005	3	18	23	55	37.31	35.6573	-121.0423	8220	Inversa	1.96	131,26	710,50
2005	3	20	10	49	41.14	38.8218	-122.8018	30	Desconocido	2.43	293,57	560,13
2005	3	27	23	33	0.42	37.2512	-121.9573	6300	Inversa	2.69	257,81	854,23
2005	3	28	9	40	42.35	38.7943	-122.7795	2040	Inversa	1.89	202,39	540,36
2005	3	30	13	39	12.68	38.8208	-122.7990	3870	Desconocido	1.87	249,15	998,48
2005	3	31	20	8	33.26	36.0175	-120.5792	4750	Inversa	1.67	93,11	970,54
2005	3	31	21	41	30.12	35.8588	-120.4042	5760	Desgarre	2.39	292,84	1013,90
2005	4	2	7	56	44.75	36.6007	-121.2043	6730	Desgarre	1.68	126,20	935,40
2005	4	5	4	22	15.97	35.7375	-121.0937	8230	Inversa	2.11	137,83	1176,72
2005	4	5	8	4	52.85	35.5303	-120.8072	5940	Desconocido	2.01	248,04	668,49
2005	4	6	8	10	3.92	40.7437	-123.1967	31130	Normal	3.13	22,99	1606,41
2005	4	9	4	18	32.08	38.8197	-122.8242	1840	Normal	2.45	244,22	1541,92
2005	4	12	4	48	33.61	35.6905	-121.0243	7000	Inversa	1.80	19,36	277,06
2005	4	12	23	44	25.06	38.7697	-122.7327	2030	Desconocido	2.97	10,51	473,37

2005	4	13	22	36	25.96	37.4510	-118.8395	6550	Desconocido	2.82	358,43	715,37
2005	4	14	23	33	55.67	38.8133	-122.7970	2680	Normal	1.98	347,94	1315,40
2005	4	15	11	25	33.12	36.1592	-121.7940	5290	Inversa	2.20	31,48	593,55
2005	4	18	23	6	22.01	38.8153	-122.8025	1600	Inversa	1.72	25,28	522,75
2005	4	19	1	15	12.65	35.5327	-120.8348	3660	Inversa	1.96	81,66	585,40
2005	4	25	0	43	4.80	36.7407	-121.2355	8530	Desconocido	2.00	103,32	2112,29
2005	4	27	3	29	9.92	37.2113	-122.1108	12000	Inversa	2.32	321,09	1175,50
2005	4	27	20	40	41.08	37.3582	-121.7200	8960	Desconocido	1.92	317,39	812,14
2005	4	28	23	33	30.66	36.3847	-120.9603	7810	Inversa	2.46	185,31	758,06
2005	5	1	1	49	33.39	37.9960	-118.7090	7340	Desconocido	1.69	174,95	639,98
2005	5	1	2	24	35.14	36.2400	-120.7988	8160	Desgarre	1.71	356,75	629,84
2005	5	5	9	21	59.39	35.7017	-121.0297	7540	Inversa	2.44	283,77	456,24
2005	5	6	4	0	48.31	35.6657	-121.0438	7660	Inversa	2.00	72,24	606,48
2005	5	11	22	33	16.03	36.7497	-121.3472	7100	Inversa	2.24	196,27	809,20
2005	5	12	21	28	53.02	36.7620	-121.3885	5510	Inversa	1.99	155,78	928,82
2005	5	12	23	43	57.24	37.6577	-118.8272	6260	Desgarre	1.76	36,04	633,02
2005	5	14	20	29	52.04	38.7577	-122.7113	1390	Normal	1.74	265,58	1162,97
2005	5	16	7	24	37.51	35.9288	-120.4770	10070	Desgarre	4.48	130,65	776,77
2005	5	16	9	25	41.63	37.4137	-119.0315	6870	Normal	1.80	177,95	976,13
2005	5	17	7	10	8.80	35.5787	-120.8332	5850	Inversa	2.17	284,34	479,60
2005	5	17	9	9	18.71	35.6663	-121.0717	6240	Inversa	3.16	331,93	498,81
2005	5	20	18	58	17.88	36.9650	-121.5962	4350	Desconocido	1.95	31,22	851,71
2005	5	21	20	23	24.15	38.7750	-122.7178	2170	Normal	1.99	37,60	1873,10
2005	5	21	21	23	41.70	38.8553	-122.7718	2030	Normal	2.08	57,20	1955,85
2005	5	23	19	59	58.66	35.6697	-121.0835	5910	Inversa	4.07	182,25	924,95
2005	5	25	22	34	6.35	36.0982	-121.6187	10270	Normal	2.25	26,27	2458,67

2005	5	26	23	17	31.04	38.7705	-122.7170	1930	Normal	1.79	17,83	2564,02
2005	5	27	4	46	48.66	38.7798	-122.7058	2520	Desconocido	1.72	122,95	2063,90
2005	5	29	21	26	36.80	37.7563	-122.5620	7980	Normal	2.60	246,57	1397,02
2005	5	31	13	52	10.16	35.9138	-120.9338	7550	Normal oblicua	1.75	285,05	1209,25
2005	6	1	9	23	7.90	35.7090	-121.1133	7350	Inversa	2.33	329,98	695,51
2005	6	1	21	45	16.00	35.6717	-121.1107	7080	Inversa	2.13	297,54	737,58
2005	6	3	20	24	56.11	37.3995	-119.0637	8360	Normal	1.86	59,24	2636,55
2005	6	4	5	2	9.92	38.7723	-122.7157	2220	Normal	1.75	329,10	695,27
2005	6	4	18	31	27.42	37.4770	-118.8438	8910	Normal	1.67	1,82	1824,91
2005	6	4	23	52	36.22	36.2385	-120.2760	12840	Inversa	3.57	318,53	1212,82
2005	6	7	2	40	13.99	35.5163	-120.8222	4750	Inversa	1.89	349,25	1192,40
2005	6	8	3	32	16.01	36.0692	-120.1652	17010	Inversa	2.32	1,73	593,23
2005	6	9	21	24	11.52	36.7843	-121.3337	6860	Inversa	1.90	174,45	1098,99
2005	6	11	2	50	41.14	36.0137	-120.5760	4730	Desgarre	1.88	123,39	1263,21
2005	6	12	21	25	53.30	38.7912	-122.7502	3370	Desgarre	2.01	332,72	956,89
2005	6	12	23	55	24.51	37.2987	-122.0938	6020	Inversa	1.97	180,64	546,62
2005	6	14	2	23	54.13	35.7087	-121.1155	8090	Inversa	2.28	219,28	416,65
2005	6	14	9	23	44.31	37.5453	-118.8292	3060	Normal	2.00	232,79	422,12
2005	6	15	19	23	16.14	37.5468	-118.8302	3580	Normal	2.06	137,80	587,78
2005	6	16	11	37	51.46	36.0828	-120.1478	16010	Desconocido	3.54	246,82	485,84
2005	6	19	1	31	9.41	35.5450	-120.7858	3680	Inversa	2.66	26,49	211,34
2005	6	20	20	41	45.57	35.5825	-120.8893	5930	Inversa	1.61	218,23	1188,06
2005	6	20	21	13	44.26	37.5693	-118.8403	4240	Normal	2.59	62,79	2852,67
2005	6	23	17	0	40.97	37.5495	-118.8147	5230	Normal	2.00	256,07	3321,85
2005	6	23	17	26	51.11	35.6942	-121.0068	5310	Desgarre	1.78	238,84	1137,39
2005	6	24	14	3	1.19	35.7050	-121.0257	7490	Inversa	2.46	356,31	287,56

2005	6	26	13	10	50.48	35.7137	-121.0538	6490	Inversa	2.12	255,08	312,95
2005	6	27	0	30	28.34	35.4252	-120.9993	6150	Desconocido	3.71	203,42	499,08
2005	6	29	5	36	51.27	36.0817	-120.1532	13960	Inversa	2.00	279,36	561,68
2005	6	29	20	26	31.90	37.5475	-118.8182	4980	Normal	2.89	157,06	919,57
2005	7	1	21	31	5.41	37.5745	-118.8453	3730	Normal	1.63	119,24	1770,24
2005	7	2	14	58	41.30	37.3022	-122.1602	5500	Desconocido	2.13	162,42	206,60
2005	7	5	10	10	26.26	36.0860	-120.6533	8330	Inversa	1.77	295,52	368,28
2005	7	5	13	25	58.78	37.1885	-119.6677	7710	Desconocido	2.24	164,32	502,51
2005	7	5	19	57	24.13	36.6467	-121.2685	9830	Desgarre	2.29	2,81	1630,37
2005	7	7	12	6	29.75	35.5275	-120.7943	5150	Inversa	1.86	324,24	330,99
2005	7	7	17	54	0.82	37.1132	-121.8275	5060	Inversa	2.16	112,54	1052,12
2005	7	7	19	5	10.42	35.6573	-121.0440	8050	Inversa	2.63	140,54	1045,00
2005	7	7	22	53	35.56	37.5672	-118.8427	3440	Normal	2.00	57,64	1891,53
2005	7	9	17	9	34.50	36.3820	-119.9803	20650	Desconocido	2.30	72,25	795,54
2005	7	10	17	59	13.17	35.5867	-120.8390	5260	Inversa	2.01	70,77	748,83
2005	7	10	20	15	5.10	37.4410	-118.4628	5460	Inversa	2.00	131,45	683,86
2005	7	11	19	57	20.55	35.7213	-121.0752	6860	Inversa	2.30	101,55	637,33
2005	7	12	8	3	52.65	35.3657	-120.8875	3310	Inversa	2.13	69,93	290,85
2005	7	12	19	10	54.47	38.7760	-122.7147	2380	Normal	1.74	225,61	876,86
2005	7	14	16	0	41.62	35.7050	-121.0232	7720	Inversa	1.90	222,26	362,68
2005	7	14	21	5	31.16	37.9302	-118.6545	8890	Desconocido	1.64	76,92	407,10
2005	7	15	9	42	19.27	35.4793	-120.7907	6160	Desgarre	1.96	222,36	1164,25
2005	7	15	12	53	40.55	35.7287	-121.0702	5600	Inversa	2.03	126,45	573,11
2005	7	15	15	35	31.49	35.5105	-119.4665	22960	Desconocido	2.99	11,82	1458,27
2005	7	16	17	44	38.50	36.1108	-121.6120	18180	Desgarre	1.96	28,60	1019,49

2005	7	18	17	10	59.99	35.8253	-120.3730	6940	Desgarre	1.93	332,30	1400,04
2005	7	19	16	42	37.71	37.5227	-118.8207	3700	Normal	2.99	308,51	3189,41
2005	7	26	7	9	12.46	36.6925	-121.1737	11660	Normal	2.84	220,50	1601,57
2005	7	27	11	38	38.78	38.8002	-122.8005	310	Inversa	1.72	140,27	486,33
2005	7	27	14	5	26.98	37.5668	-118.8392	4040	Normal	2.05	34,55	664,09
2005	7	28	12	30	58.80	35.8395	-121.1530	7640	Inversa	1.63	134,49	528,34
2005	7	28	13	24	8.96	37.5058	-118.7847	7890	Desconocido	2.17	342,40	715,54
2005	7	29	15	19	49.78	36.5882	-121.1817	3730	Desgarre	2.51	348,86	743,16
2005	7	30	1	58	20.51	35.5710	-120.7900	4610	Inversa	2.05	115,67	17,62
2005	7	30	23	10	46.98	35.5602	-120.8573	5540	Normal	2.08	153,54	1582,18
2005	8	9	8	58	33.90	38.7703	-122.7187	2200	Desconocido	1.79	331,87	701,62
2005	8	10	13	21	48.19	35.5712	-120.8397	6150	Inversa	1.79	259,68	478,90
2005	8	12	9	13	42.98	35.7050	-121.1388	8680	Inversa	2.61	92,65	573,50
2005	8	12	15	16	14.03	37.4457	-118.5638	14300	Desconocido	1.88	72,08	863,83
2005	8	12	18	15	0.18	37.5728	-118.8345	4230	Normal	1.92	145,29	909,33
2005	8	12	21	13	36.68	35.8183	-121.0872	6190	Inversa	2.13	55,79	99,86
2005	8	13	9	19	43.34	35.9402	-120.4862	11210	Desgarre	2.00	233,96	688,26
2005	8	13	13	40	51.19	37.5608	-118.8932	3420	Desconocido	2.12	345,44	1247,81
2005	8	14	21	39	9.37	36.9108	-120.8550	7300	Inversa	1.82	292,36	878,26
2005	8	15	12	4	11.93	39.7797	-120.4107	2590	Desconocido	1.88	230,11	1055,01
2005	8	15	16	39	18.49	39.7368	-123.3350	5230	Desconocido	2.88	342,98	1258,81
2005	8	19	13	20	22.14	35.5757	-120.8392	5820	Inversa	2.12	10,72	1562,29
2005	8	21	14	51	9.72	38.8255	-122.7603	1320	Desconocido	2.01	188,45	1840,51
2005	8	21	19	42	39.79	36.2362	-120.2708	12160	Inversa	1.69	138,89	846,56
2005	8	22	3	36	33.42	37.5083	-118.8927	30	Desconocido	2.11	195,27	1273,96

2005	8	23	6	55	24.53	35.6253	-120.9247	6240	Desgarre	1.94	223,29	748,17
2005	8	24	6	21	28.65	35.5328	-120.8212	3480	Desgarre	2.09	184,34	386,24
2005	8	25	2	27	44.28	40.4817	-124.3087	27340	Desconocido	4.20	76,33	320,04
2005	8	25	11	10	41.72	38.3620	-122.1850	9870	Desconocido	3.16	158,61	540,62
2005	8	26	4	32	37.53	36.5480	-121.1395	6720	Desconocido	1.65	136,15	279,68
2005	8	26	5	45	22.33	38.7792	-122.7245	2010	Normal	2.25	207,29	1433,98
2005	8	28	23	37	52.86	39.0380	-119.4108	4610	Desconocido	2.39	166,86	1230,43
2005	8	29	17	58	32.39	37.6455	-119.0228	2810	Desconocido	2.38	192,13	692,73
2005	8	29	18	54	11.65	35.4515	-120.8620	20	Desgarre	2.25	32,06	1592,61
2005	8	29	19	50	27.32	36.9405	-121.6698	7990	Desconocido	2.16	53,61	1064,86
2005	8	30	18	38	12.93	36.9247	-121.5968	7110	Inversa	2.17	192,48	806,24
2005	9	1	1	40	46.55	36.9353	-121.4318	7150	Desconocido	2.49	181,89	1537,79
2005	9	2	5	16	3.96	36.3442	-120.6335	11440	Desconocido	2.59	243,03	584,12
2005	9	4	7	51	52.50	35.5848	-120.8307	6030	Inversa	2.48	183,30	749,00
2005	9	4	16	41	24.28	37.5393	-118.8798	5300	Normal	1.74	259,22	2305,99
2005	9	4	23	21	4.16	36.1125	-118.0293	20	Desgarre	2.65	109,04	1153,92
2005	9	6	4	53	30.50	37.4707	-118.8340	4160	Normal	3.39	243,47	2027,08
2005	9	6	6	37	45.90	35.5233	-120.8317	4220	Inversa	2.14	112,52	502,24
2005	9	7	12	38	42.86	35.5732	-120.7758	2710	Normal	1.96	81,94	1679,76
2005	9	8	11	35	8.02	37.6593	-122.5240	8110	Normal	1.77	40,33	654,60
2005	9	8	14	39	32.34	38.7912	-122.7497	3060	Desconocido	2.29	79,74	757,94
2005	9	9	12	2	37.20	35.7132	-121.0488	6880	Inversa	1.96	203,36	551,46
2005	9	11	3	25	47.56	35.5248	-120.8378	8530	Inversa	2.09	348,75	569,97
2005	9	11	8	39	18.80	37.5725	-118.8335	4330	Normal	2.38	251,58	1614,73
2005	9	12	1	45	12.00	37.4855	-119.0033	5580	Normal	2.11	276,82	327,26
2005	9	12	11	12	36.03	39.4855	-122.9685	10290	Normal oblicua	2.29	310,39	1699,36

2005	9	14	10	36	16.57	37.5718	-118.8360	3970	Normal	1.72	182,19	1759,33
2005	9	15	15	40	59.68	37.7812	-122.5947	9840	Normal	1.96	273,34	2470,93
2005	9	15	21	47	43.79	35.7152	-121.0623	6450	Inversa	1.86	266,16	1189,31
2005	9	16	15	9	45.28	39.0773	-119.6428	7200	Normal	4.15	255,67	2786,68
2005	9	17	22	56	45.92	39.3513	-119.9903	1870	Desconocido	2.63	106,23	882,66
2005	9	18	6	14	40.10	37.5747	-118.8350	4050	Normal	1.90	314,45	2546,48
2005	9	18	7	10	10.39	37.2102	-122.1232	13200	Inversa	2.59	159,00	1158,66
2005	9	21	3	9	26.93	38.7922	-122.7412	2120	Normal	1.93	192,40	2015,05
2005	9	22	9	15	17.48	35.5962	-120.7588	5680	Normal	1.90	323,46	1495,26
2005	9	22	16	16	41.44	37.5440	-118.8317	6770	Normal	2.10	161,41	1396,47
2005	9	26	17	16	23.94	36.6837	-121.2832	4440	Inversa	1.70	204,00	681,58
2005	9	27	20	25	23.56	37.4903	-118.8402	5000	Desconocido	3.10	93,49	823,38
2005	9	28	18	27	43.82	35.5730	-120.8408	5580	Inversa	2.10	200,89	743,68
2005	9	30	19	38	20.64	38.8177	-122.8255	2180	Normal	2.30	19,77	2046,83
2005	10	5	10	50	39.35	36.0553	-120.0527	9300	Inversa	2.73	248,57	950,06
2005	10	8	3	47	42.84	36.9532	-121.6868	9050	Desconocido	1.75	175,02	601,03
2005	10	9	9	1	29.26	37.8520	-122.2423	6140	Desgarre	2.75	285,85	759,01
2005	10	9	11	45	18.49	38.8425	-122.8433	1690	Desgarre	1.71	0,72	685,96
2005	10	10	17	32	43.34	36.5613	-121.1515	3170	Desgarre	2.48	85,39	857,48
2005	10	12	21	49	0.45	39.4762	-123.0083	7110	Normal	2.33	121,91	1254,13
2005	10	12	22	8	0.63	37.5087	-118.8197	4170	Desconocido	1.82	155,12	1540,58
2005	10	15	19	18	23.39	37.9682	-118.6647	8230	Normal	1.97	1,42	2090,92
2005	10	16	20	3	54.18	37.8213	-122.6245	3840	Normal	2.41	5,73	2104,44
2005	10	19	0	5	12.03	38.8350	-122.8810	2800	Normal oblicua	4.14	82,64	742,28
2005	10	19	9	55	8.42	35.5742	-120.8485	7310	Inversa	2.33	213,35	1010,28
2005	10	20	4	42	25.22	35.6650	-121.0123	7720	Inversa	1.91	68,79	1021,11

2005	10	20	11	14	19.00	35.5377	-120.8060	5670	Inversa	2.04	232,15	1063,52
2005	10	20	16	26	50.76	41.0275	-123.3125	36150	Normal	3.57	183,03	761,80
2005	10	21	9	9	32.80	36.6680	-121.2895	6310	Desgarre	2.90	338,36	1456,63
2005	10	22	4	58	22.04	36.2273	-120.2847	8030	Inversa	1.98	59,21	811,35
2005	10	23	11	43	30.97	35.9312	-120.4800	5210	Desconocido	1.81	357,94	1046,81
2005	10	26	17	30	59.77	36.8212	-121.2727	9270	Desgarre	2.70	13,71	709,83
2005	10	26	18	51	27.09	35.7152	-121.0518	7370	Inversa	2.21	250,44	583,77
2005	10	29	1	49	31.30	35.7272	-121.0902	6890	Inversa	2.53	65,91	770,17
2005	10	29	12	57	36.62	37.6448	-122.5155	7610	Desconocido	2.14	212,99	1557,97
2005	10	29	22	25	20.15	37.4483	-121.7977	6200	Desconocido	1.67	144,41	1058,11
2005	10	30	3	46	36.43	35.5305	-120.8312	4630	Inversa	2.08	118,73	682,26
2005	11	1	3	27	42.15	35.6737	-121.1177	6180	Inversa	1.74	69,63	919,11
2005	11	2	8	25	48.01	36.7622	-121.3480	5170	Inversa oblicua	1.83	192,12	666,41
2005	11	3	8	48	59.71	35.5703	-120.8365	6160	Inversa	2.75	193,49	902,16
2005	11	3	15	36	16.97	38.8207	-122.8285	2010	Desconocido	2.57	198,34	748,72
2005	11	8	11	48	7.86	35.8000	-120.3390	5120	Desgarre	2.08	312,01	826,21
2005	11	8	15	16	7.09	37.4673	-118.8363	6260	Desconocido	2.98	43,73	447,46
2005	11	11	1	58	45.42	38.8183	-122.7783	2310	Normal	2.25	269,69	1463,70
2005	11	11	17	44	22.23	37.4675	-118.8347	7150	Normal	1.93	40,08	1448,64
2005	11	12	10	42	3.11	37.2735	-121.9547	7500	Inversa	2.10	335,36	796,56
2005	11	12	13	24	18.11	37.5490	-118.8280	7300	Desconocido	1.89	253,96	976,07
2005	11	14	2	54	15.89	35.3898	-120.8462	6260	Normal	2.09	256,32	2117,38
2005	11	15	2	30	24.66	38.2073	-119.3918	5760	Normal	2.05	238,47	2498,04
2005	11	15	5	18	2.43	35.5378	-120.8512	7210	Inversa	2.70	120,68	966,80
2005	11	16	4	33	56.14	35.3447	-119.9150	10060	Normal	2.35	280,08	3003,48
2005	11	16	10	28	3.16	35.7012	-121.0202	9630	Inversa	2.41	246,06	1341,79

2005	11	17	5	24	48.95	37.0872	-122.3607	7490	Inversa	2.00	111,72	660,11
2005	11	18	9	21	55.93	38.8268	-122.8665	2350	Normal	1.78	5,72	2409,40
2005	11	20	11	56	12.31	36.4767	-121.0555	7920	Desconocido	2.42	41,26	704,12
2005	11	21	9	33	11.23	38.0638	-118.8960	12110	Normal oblicua	3.98	324,40	1139,37
2005	11	21	11	7	54.12	35.6250	-120.7448	6900	Desgarre	1.81	2,13	1087,93
2005	11	22	11	25	3.50	37.4157	-118.5357	11210	Desgarre	1.78	338,14	775,08
2005	11	22	15	42	35.47	37.5363	-118.8067	5140	Desgarre	2.00	84,50	927,86
2005	11	22	21	59	47.48	38.7727	-122.7323	2620	Desconocido	2.09	190,07	746,29
2005	11	23	15	14	57.73	37.9837	-118.6562	8640	Inversa oblicua	1.85	226,88	310,48
2005	11	23	15	32	31.13	35.5217	-120.8282	3320	Inversa	2.36	225,77	568,98
2005	11	24	8	5	25.76	35.6650	-121.0700	5830	Inversa	2.09	18,82	267,03
2005	11	27	17	20	6.21	37.5127	-118.4150	9870	Desconocido	1.68	229,93	367,11
2005	12	1	5	28	42.61	35.4787	-120.7840	6280	Desconocido	2.23	304,98	1678,25
2005	12	1	11	25	6.43	38.7760	-122.7157	2160	Normal	3.03	94,81	2324,24
2005	12	4	14	46	8.71	36.6148	-121.1345	7640	Inversa oblicua	1.72	315,69	558,30
2005	12	5	11	18	38.73	35.8832	-120.4275	6520	Desgarre	2.00	14,13	1543,28
2005	12	6	9	55	16.42	37.5590	-118.8697	7880	Normal oblicua	3.06	320,75	1938,98
2005	12	7	16	1	27.81	39.8097	-123.4467	7800	Normal	2.68	70,62	1621,63
2005	12	8	21	23	46.97	37.5562	-118.8712	7530	Desconocido	2.89	202,82	897,88
2005	12	9	18	28	5.08	37.7858	-122.5942	9910	Normal	2.01	88,04	1082,14
2005	12	10	3	8	56.40	37.5878	-118.4842	9920	Normal	1.62	338,23	1593,61
2005	12	11	4	19	54.94	37.8480	-122.0395	10540	Desconocido	1.90	328,77	921,37
2005	12	12	4	48	6.28	36.0097	-120.5723	2970	Desconocido	1.63	333,89	1697,67
2005	12	15	13	15	30.23	36.6633	-121.2818	4580	Desconocido	1.61	149,80	1796,34
2005	12	20	11	26	21.59	36.1728	-120.7308	9520	Desgarre	3.08	18,14	1149,56
2005	12	21	15	28	25.60	38.7938	-122.7538	2790	Desconocido	2.72	107,29	585,40

2005	12	21	16	20	24.25	37.5315	-118.8905	4240	Desconocido	1.72	135,86	874,40
2005	12	21	23	22	32.46	36.8198	-120.9890	320	Desconocido	2.13	281,57	564,68
2005	12	23	10	53	6.30	37.2328	-122.0122	6570	Inversa	1.84	131,42	252,07
2005	12	26	7	57	31.30	35.5307	-120.8397	9630	Inversa	2.46	260,55	706,50
2006	1	1	13	33	26.37	37.4883	-121.8745	2820	Desconocido	1.92	100,89	2697,47
2006	1	5	21	4	41.49	38.7855	-122.7757	1580	Desgarre	2.63	208,68	664,47
2006	1	9	5	27	55.48	37.2495	-118.1803	11290	Desgarre	2.41	23,82	1161,50
2006	1	11	2	59	7.02	35.5463	-120.8052	5060	Desconocido	1.87	266,88	1653,85
2006	1	13	4	48	30.36	35.7150	-121.0675	8430	Inversa	2.97	114,72	1379,90
2006	1	15	6	42	14.69	37.3233	-118.3060	6410	Desconocido	2.93	304,45	1556,92
2006	1	15	11	7	47.02	38.7922	-122.7413	3920	Desconocido	1.92	67,49	1155,51
2006	1	21	11	23	12.82	37.4858	-119.0027	7230	Normal	1.61	328,57	378,22
2006	1	22	16	37	25.89	35.2910	-120.6020	5500	Desconocido	2.34	99,27	400,55
2006	1	23	20	24	32.35	36.6408	-119.1735	24020	Inversa	2.42	10,84	768,15
2006	1	23	22	46	51.90	37.5047	-118.8712	6040	Desconocido	1.66	244,25	947,60
2006	1	24	2	42	13.12	37.4077	-119.0077	10600	Desconocido	1.83	335,83	704,68
2006	1	25	6	48	4.56	36.0287	-121.5562	4790	Desconocido	1.87	42,75	374,55
2006	1	29	5	32	56.67	36.3152	-120.9022	8640	Desconocido	1.79	285,46	1728,77
2006	1	29	10	13	38.22	35.5740	-120.7908	4740	Inversa	2.49	235,96	1194,16
2006	1	31	8	57	9.78	35.9438	-120.0272	5390	Desconocido	1.67	341,10	2635,92
2006	1	31	13	9	15.39	40.9835	-123.4380	32290	Normal	2.67	76,07	2295,29
2006	1	31	17	54	56.04	37.4475	-118.8398	3390	Desconocido	1.95	260,36	848,64
2006	2	1	11	54	51.13	37.5798	-118.8005	7170	Normal	1.95	58,15	2449,34
2006	2	5	20	2	1.36	35.7242	-121.0548	7270	Inversa	1.98	28,64	716,48
2006	2	7	6	4	38.27	36.5410	-121.0925	2100	Desgarre	2.63	35,91	1258,20
2006	2	7	9	26	1.82	37.4968	-121.8735	3920	Desgarre	2.58	118,22	971,70

2006	2	9	7	27	34.22	35.6180	-120.8742	8080	Inversa	1.85	209,14	603,90
2006	2	10	5	8	36.97	36.4798	-121.0610	7240	Desconocido	1.63	312,08	1931,32
2006	2	12	4	37	31.99	39.8758	-120.0822	8740	Normal	2.31	265,45	2305,63
2006	2	14	10	7	9.88	37.6203	-121.8518	16680	Inversa	2.63	224,62	675,54
2006	2	16	15	23	37.36	38.8005	-122.7383	2220	Normal	1.79	173,07	1237,60
2006	2	19	23	17	45.11	39.2447	-122.7150	9930	Desconocido	2.15	347,98	510,38
2006	2	22	0	17	57.90	35.8440	-119.9503	8290	Inversa	1.69	149,86	769,82
2006	2	23	11	53	49.92	39.3545	-119.9883	2540	Normal oblicua	2.28	172,95	1677,74
2006	2	25	12	15	50.59	38.3542	-119.4202	3940	Normal	3.07	144,97	3062,30
2006	3	1	1	25	46.16	38.7972	-122.8102	3850	Normal	2.02	114,77	1099,17
2006	3	1	12	17	6.59	38.8135	-122.8445	1270	Inversa	1.88	272,96	828,01
2006	3	6	6	36	48.67	36.5550	-121.1482	7240	Inversa	1.94	245,52	628,43
2006	3	9	5	48	37.92	35.7405	-118.0472	9310	Normal	2.99	18,55	1512,60
2006	3	17	6	26	44.83	35.5348	-120.7567	1110	Normal	1.83	284,49	1870,75
2006	3	18	18	38	23.71	35.5250	-120.8267	6610	Inversa	2.27	99,86	923,59
2006	3	21	2	21	11.57	38.8563	-122.7847	2560	Normal	2.10	46,97	1642,13
2006	3	21	12	31	9.38	35.6535	-121.0175	7640	Inversa	2.35	325,12	887,48
2006	3	21	21	41	42.22	37.8093	-122.0710	12940	Desgarre	3.70	287,33	675,13
2006	3	22	4	23	54.67	37.5022	-118.8473	14780	Desgarre	1.78	35,51	1114,00
2006	3	25	4	21	10.17	35.6515	-121.0780	9340	Inversa	3.19	159,92	959,73
2006	3	27	11	44	7.35	38.3125	-122.1918	9160	Normal	2.15	137,12	2737,35
2006	4	2	19	49	7.75	35.5610	-120.7922	4710	Inversa	1.68	112,72	788,45
2006	4	2	21	13	32.83	37.5352	-118.8212	12120	Desconocido	2.04	321,37	1491,61
2006	4	6	2	8	36.47	35.5083	-120.7710	5550	Normal	2.00	328,80	697,59
2006	4	7	1	6	54.94	35.7252	-121.0933	7240	Inversa	4.20	104,48	556,39
2006	4	7	2	5	11.69	36.5153	-121.0770	2810	Normal	1.79	289,91	1117,59

2006	4	7	10	4	28.29	39.5647	-123.3500	9980	Desconocido	3.50	112,68	434,43
2006	4	10	8	38	33.85	35.5418	-120.7900	6100	Inversa	1.80	242,03	548,74
2006	4	13	14	48	53.64	35.5497	-120.8647	8000	Inversa	2.95	41,76	1210,33
2006	4	14	22	55	15.70	36.5248	-121.0893	1790	Normal	2.28	62,09	2905,31
2006	4	15	10	58	40.07	35.7038	-121.0638	9570	Inversa	2.20	243,04	188,71
2006	4	19	0	20	32.11	36.2325	-120.7997	8770	Desgarre	2.84	30,33	949,28
2006	4	19	21	22	30.74	38.7680	-122.7120	2220	Normal	1.94	324,25	1702,23
2006	4	23	17	17	37.35	35.6507	-121.0218	7740	Inversa	2.03	169,32	545,99
2006	4	25	0	41	25.84	37.3705	-122.2182	7830	Inversa	2.39	23,37	839,06
2006	4	28	15	0	26.54	37.5515	-118.8197	2750	Normal	2.37	225,94	2773,97
2006	5	2	6	58	30.51	35.5593	-120.8005	5200	Normal	1.71	228,57	208,14
2006	5	4	17	45	7.26	35.7460	-121.2275	5390	Inversa	3.39	82,45	570,74
2006	5	5	3	19	22.87	35.6760	-121.1178	4980	Inversa	2.12	202,27	499,87
2006	5	5	9	14	31.00	38.2147	-118.7667	2240	Normal oblicua	2.34	165,80	1023,92
2006	5	6	3	51	9.71	37.5538	-118.8208	3290	Normal	2.15	14,99	1226,13
2006	5	10	5	20	11.54	36.5245	-121.0938	1320	Normal	2.31	300,53	1428,00
2006	5	13	1	24	44.14	35.6847	-121.1288	4840	Inversa	2.88	335,93	1335,65
2006	5	14	5	0	15.41	38.8392	-122.8230	550	Desconocido	2.08	178,97	1860,45
2006	5	15	6	2	21.05	35.5972	-120.9753	4080	Normal	1.90	272,10	680,79
2006	5	15	22	27	10.08	35.6915	-121.1305	6560	Inversa	2.17	202,74	1275,08
2006	5	16	1	49	27.13	35.7300	-121.0982	7380	Inversa	2.61	277,57	1117,75
2006	5	16	19	38	29.81	36.5703	-121.0735	9960	Desgarre	1.73	284,58	982,92
2006	5	16	20	32	39.96	36.1515	-118.7118	6620	Normal	2.58	318,81	1767,02
2006	5	17	21	34	23.41	35.5603	-120.7958	5290	Inversa	2.14	147,05	964,30
2006	5	19	1	23	0.62	39.0365	-123.1142	6790	Desgarre	2.13	14,79	1321,14

2006	5	19	7	56	41.32	37.5493	-118.8200	1600	Inversa	1.62	331,21	830,32
2006	5	20	7	43	29.19	35.6567	-121.1095	4790	Inversa	2.22	322,24	403,62
2006	5	23	5	47	16.31	38.2278	-118.7650	9960	Normal	2.03	23,84	1325,06
2006	5	23	11	42	35.06	37.4765	-121.8092	7320	Normal oblicua	1.73	178,23	1299,06
2006	5	24	15	30	48.28	36.5633	-121.1588	6410	Desconocido	2.00	277,24	1582,90
2006	5	27	17	17	4.81	39.7730	-121.6547	15730	Normal	1.90	278,88	2388,49
2006	5	28	21	44	55.63	39.3072	-122.7932	7860	Desconocido	2.20	15,75	1858,27
2006	5	29	0	9	2.11	38.8335	-122.8013	2140	Normal	2.11	64,33	2346,42
2006	5	29	20	47	4.20	35.9990	-120.5633	3370	Desconocido	1.64	331,28	465,16
2006	5	31	3	57	49.67	40.5017	-123.8402	25520	Normal	2.60	134,76	1778,53
2006	6	1	0	10	32.58	37.2615	-121.6418	6410	Desconocido	1.60	23,83	705,48
2006	6	1	22	29	5.43	35.6207	-120.9967	6890	Desconocido	2.06	322,52	733,29
2006	6	2	3	20	1.50	37.5545	-118.8215	3240	Inversa	2.08	255,69	457,85
2006	6	2	4	44	26.02	36.4908	-121.0643	2720	Desconocido	2.42	118,82	620,61
2006	6	4	15	57	34.59	38.8085	-122.7938	3340	Normal	2.07	356,23	614,55
2006	6	5	12	0	35.50	35.5862	-120.8430	7360	Inversa	1.60	56,22	474,91
2006	6	6	11	49	45.01	37.9000	-121.7520	17830	Normal oblicua	2.16	209,93	941,55
2006	6	12	21	22	24.35	38.3120	-118.3472	11830	Desconocido	1.97	17,55	2359,70
2006	6	14	22	28	10.03	38.8067	-122.7920	1600	Inversa	1.60	182,50	746,54
2006	6	15	5	13	13.16	38.8245	-122.7972	3390	Desconocido	1.90	165,39	1306,39
2006	6	17	6	53	26.32	37.5418	-118.8252	2890	Normal	1.62	177,91	1547,81
2006	6	17	17	18	49.92	38.2278	-118.7575	5440	Normal	2.06	130,65	744,14
2006	6	20	16	56	25.05	37.5760	-118.8070	6580	Normal	1.91	19,03	1697,61
2006	6	20	18	8	43.54	35.6923	-121.1262	7210	Inversa	2.52	225,23	562,19
2006	6	21	18	31	3.84	37.5742	-118.8068	6630	Normal	1.87	37,20	2201,72
2006	6	23	8	19	14.59	38.7717	-122.7172	2300	Normal	2.24	81,78	943,49

2006	6	23	14	0	11.15	36.5862	-121.1860	6920	Desconocido	2.23	222,34	1294,16
2006	6	25	10	26	10.22	35.5093	-120.8060	10890	Inversa	1.88	292,12	400,88
2006	6	26	16	26	30.09	37.6002	-119.0687	30580	Normal	1.72	260,44	2786,31
2006	6	26	19	15	21.44	35.5495	-120.7818	11820	Inversa	1.78	136,86	1206,04
2006	6	29	23	42	45.81	36.0697	-120.1932	15250	Inversa	2.34	208,60	705,74
2006	7	2	10	38	58.37	36.3183	-121.5037	16630	Inversa	2.05	120,36	308,92
2006	7	3	6	57	16.77	39.4577	-123.1127	1180	Normal	2.54	162,16	780,99
2006	7	3	9	55	22.00	35.5345	-120.8153	6250	Inversa	1.78	65,61	429,30
2006	7	3	17	50	21.39	35.7233	-121.1045	6410	Inversa	1.90	296,53	261,95
2006	7	4	11	29	7.58	38.0198	-118.6637	11280	Desconocido	1.78	264,45	783,99
2006	7	7	11	25	52.66	38.0695	-118.7347	7500	Desconocido	1.90	199,03	1018,11
2006	7	7	19	31	55.84	36.0027	-120.5540	13340	Inversa	2.80	218,34	1077,48
2006	7	8	19	32	43.84	35.9908	-120.5542	5170	Desgarre	1.78	29,00	1579,31
2006	7	9	0	40	43.43	38.8115	-122.7930	3280	Normal	2.61	152,68	2372,83
2006	7	9	22	20	1.64	36.4685	-121.0483	5990	Desconocido	2.15	81,83	1042,26
2006	7	11	18	41	50.28	37.4905	-119.0047	5590	Desconocido	1.95	317,39	2174,66
2006	7	12	16	29	38.23	37.4097	-119.0197	2700	Normal oblicua	2.14	231,23	2580,97
2006	7	13	1	44	53.96	35.5212	-120.8003	6860	Inversa	1.86	285,28	1183,32
2006	7	14	22	50	48.27	38.7957	-122.7642	1480	Desconocido	1.64	341,44	887,74
2006	7	15	2	13	32.43	38.8283	-122.8687	2350	Normal	2.03	80,78	1821,26
2006	7	16	5	2	12.48	38.3573	-119.4195	6380	Normal	2.30	140,40	882,75
2006	7	18	18	52	19.70	37.2405	-121.6280	5060	Desconocido	3.08	109,67	386,41
2006	7	18	18	55	28.48	39.4528	-123.1102	540	Normal	2.75	91,89	1516,58
2006	7	22	17	50	53.05	36.4967	-121.0747	3700	Desgarre	1.86	330,30	1609,53
2006	7	28	7	51	23.88	37.5290	-118.8247	7000	Normal	1.99	311,78	641,66
2006	7	28	17	25	17.06	38.8180	-122.7863	1840	Inversa	2.10	63,56	886,87

2006	8	1	6	25	41.34	38.8148	-122.7847	2200	Inversa	1.66	25,55	515,16
2006	8	2	8	6	51.44	37.8645	-118.2153	2120	Desgarre	2.41	220,74	832,65
2006	8	2	11	23	24.67	37.4292	-118.4833	15290	Desgarre	3.12	303,45	377,97
2006	8	3	9	1	12.17	38.8003	-122.7988	3430	Normal	2.23	228,91	1490,78
2006	8	3	13	48	49.57	36.7160	-121.1838	1040	Normal	2.07	323,05	1329,38
2006	8	5	17	25	25.52	37.5862	-118.7943	9490	Desgarre	1.99	357,59	985,95
2006	8	6	20	3	48.81	38.6988	-122.8715	7140	Desconocido	2.25	29,93	1826,27
2006	8	9	12	11	46.75	37.5418	-118.8418	1320	Inversa	2.50	298,28	523,94
2006	8	10	1	20	7.56	39.5642	-122.7338	6810	Normal	2.36	120,17	2007,99
2006	8	14	4	1	29.32	35.4685	-120.7660	5180	Inversa	2.01	336,21	405,71
2006	8	15	5	36	59.71	38.8227	-122.7802	1320	Normal	1.66	190,23	1499,60
2006	8	16	18	16	31.81	37.5718	-118.8273	3540	Desgarre	1.67	98,54	865,51
2006	8	19	17	23	5.01	36.3605	-120.4165	10190	Normal	2.03	353,91	1450,98
2006	8	21	5	27	46.78	35.4012	-120.8168	5750	Inversa	2.05	143,82	238,66
2006	8	21	20	25	8.31	35.7900	-121.2825	5150	Desconocido	2.00	217,48	673,85
2006	8	25	8	42	59.29	39.8348	-122.5978	10090	Normal	2.71	332,75	1088,96
2006	8	26	7	5	55.02	35.7215	-121.0855	6830	Inversa	2.30	128,87	736,12
2006	8	27	8	24	30.26	35.5717	-120.8837	6960	Inversa	1.88	153,96	684,50
2006	8	29	10	0	11.81	35.5238	-120.8295	5580	Normal	1.94	331,19	1031,55
2006	8	29	14	28	37.46	39.0185	-120.7655	12870	Normal	2.28	104,55	727,62
2006	9	3	13	16	43.76	35.7442	-121.1312	7040	Inversa	2.15	81,67	869,95
2006	9	3	18	6	17.76	38.0745	-118.9200	120	Desgarre	2.46	18,91	1551,14
2006	9	7	20	11	2.71	35.5950	-120.8095	6240	Desconocido	1.66	342,41	1697,31
2006	9	9	8	8	31.72	37.4198	-118.3323	8070	Desconocido	2.14	334,46	2632,83
2006	9	11	12	30	23.59	35.5217	-120.8208	5890	Inversa	2.87	233,03	910,08
2006	9	12	7	40	24.65	38.7615	-122.7207	1630	Normal	1.76	280,03	1821,68

2006	9	12	13	7	51.89	38.8102	-122.7970	3280	Normal	1.72	20,77	1194,78
2006	9	13	10	28	42.17	36.6980	-121.3428	6850	Desgarre	1.74	315,69	611,15
2006	9	14	17	30	14.18	38.7588	-122.7207	1970	Normal	2.40	68,47	1537,44
2006	9	15	15	44	19.86	38.7730	-122.7453	2190	Normal	2.11	2,62	1282,84
2006	9	19	9	19	15.26	35.5783	-120.8518	10680	Inversa	1.79	280,41	538,43
2006	9	21	0	0	54.28	38.7608	-122.7183	1890	Normal	1.80	119,14	1253,42
2006	9	23	18	12	18.54	38.3902	-122.6093	7860	Desconocido	1.85	253,13	603,10
2006	9	24	11	12	29.72	41.0723	-123.6157	33330	Normal	2.71	52,31	1692,64
2006	9	25	1	15	16.55	38.7557	-122.7240	2220	Normal	2.07	154,54	732,89
2006	9	25	7	35	19.51	37.5545	-118.8735	7200	Normal	1.92	333,93	1878,73
2006	9	27	12	2	11.83	35.5300	-120.8370	8620	Inversa	1.75	227,71	666,23
2006	9	29	14	11	42.82	37.4255	-117.8052	200	Normal	2.40	46,22	1226,40
2006	9	30	20	18	48.68	38.0565	-118.7925	8190	Desconocido	1.64	128,37	1109,32
2006	10	2	10	8	25.08	37.6398	-118.9335	8640	Desconocido	1.68	219,76	631,42
2006	10	5	19	37	9.21	35.7275	-121.0963	7490	Desconocido	1.98	217,70	791,51
2006	10	7	3	57	21.44	35.5377	-120.8070	8240	Inversa	1.85	76,17	1333,62
2006	10	7	20	53	6.44	38.7695	-122.7117	2460	Normal	1.77	35,86	1248,95
2006	10	8	7	58	7.79	38.7778	-122.7170	960	Normal	2.47	332,57	2410,41
2006	10	9	11	34	8.78	37.5515	-118.8173	5080	Normal	1.60	73,13	2619,09
2006	10	9	15	10	16.35	38.8157	-122.8273	2460	Desconocido	1.73	162,64	1598,95
2006	10	10	4	34	47.51	38.2667	-118.5038	8350	Desconocido	2.00	220,96	1201,64
2006	10	11	14	36	40.70	35.7253	-121.1122	7080	Inversa	1.79	223,55	1036,85
2006	10	12	9	37	27.49	35.9235	-120.4735	5940	Desgarre	1.94	307,77	955,28
2006	10	12	11	39	16.78	36.6450	-121.2582	4470	Desgarre	2.36	358,21	1039,97
2006	10	12	17	44	33.09	37.4923	-118.7440	12080	Desgarre	1.68	160,58	606,68
2006	10	13	1	14	41.90	37.9770	-118.6545	9600	Desconocido	1.77	236,49	1166,28
2006	10	13	13	15	17.52	38.5210	-119.7612	40	Normal	2.12	6,17	1467,00

2006	10	15	21	58	14.67	37.5563	-118.7895	8250	Desconocido	1.61	152,69	1076,04
2006	10	16	8	53	44.59	35.7212	-121.0187	5870	Inversa	1.69	321,93	174,90
2006	10	16	12	51	8.53	37.5607	-118.4548	10810	Normal	2.24	244,25	1542,61
2006	10	17	2	26	52.13	36.1698	-120.2695	10290	Inversa	2.05	84,15	637,64
2006	10	18	5	58	41.76	35.5625	-120.8757	6920	Inversa	1.72	158,89	511,71
2006	10	21	21	27	11.35	37.5640	-118.8798	6390	Desconocido	2.03	82,06	1125,60
2006	10	22	6	53	11.67	39.3635	-123.2403	30	Normal oblicua	1.83	321,57	1593,23
2006	10	23	2	17	4.74	36.7575	-121.2627	10110	Inversa	2.03	33,49	1085,34
2006	10	27	8	34	47.48	37.9867	-118.7672	5110	Normal oblicua	1.77	310,13	1373,31
2006	10	27	19	20	26.28	35.5582	-120.8065	5470	Inversa	2.07	277,25	938,75
2006	10	28	6	10	50.71	38.7970	-122.7630	2220	Desconocido	1.82	217,56	759,24
2006	10	28	9	14	52.22	37.9855	-118.7690	5050	Normal	1.60	308,17	1042,72
2006	10	29	6	35	18.64	39.9355	-122.8223	3440	Desconocido	2.08	282,96	1415,01
2006	10	29	15	44	30.45	36.6880	-121.3175	4370	Desconocido	1.98	40,05	294,32
2006	10	31	21	50	14.71	38.8292	-122.8095	2330	Normal	2.39	132,27	1334,27
2006	11	2	12	1	25.30	38.7637	-122.7283	1710	Normal	2.15	194,92	1645,79
2006	11	4	10	1	42.11	35.8290	-121.3143	10590	Inversa	2.33	258,25	1294,57
2006	11	5	11	44	54.73	37.7172	-122.1362	11440	Normal	1.68	113,75	3260,95
2006	11	10	6	54	11.72	36.4958	-121.0727	4990	Desconocido	2.43	251,75	1263,54
2006	11	10	19	56	48.81	40.2862	-121.1963	4620	Desconocido	2.35	214,58	177,14
2006	11	11	16	3	20.48	35.4877	-120.7877	4500	Desconocido	1.96	82,21	1057,55
2006	11	14	21	1	49.56	37.7172	-122.1335	10560	Desconocido	1.65	123,57	467,70
2006	11	15	18	31	54.47	38.7518	-122.7117	1770	Normal	2.52	58,78	1050,94
2006	11	17	6	41	7.10	35.2688	-120.7748	6390	Desconocido	2.76	208,46	454,77
2006	11	17	21	18	53.47	40.1153	-122.8217	6480	Normal	1.96	94,56	1131,39
2006	11	19	16	58	37.37	38.7753	-122.7208	1960	Normal	1.89	300,27	849,45

2006	11	20	8	47	0.72	38.7867	-122.7230	2250	Normal	2.08	38,86	2297,23
2006	11	22	0	46	50.30	38.8297	-122.8702	2690	Normal	2.81	146,01	1045,98
2006	11	22	1	56	54.53	35.8398	-119.2692	520	Normal	2.57	192,91	1488,24
2006	11	23	8	0	37.20	36.5842	-121.1843	6900	Desconocido	1.76	326,68	919,60
2006	11	25	11	37	4.45	38.7688	-122.7308	3140	Desgarre	2.49	15,17	1291,14
2006	11	25	12	36	20.58	38.8232	-122.8287	3440	Desgarre	2.42	42,40	1512,26
2006	11	27	13	47	59.75	37.4028	-118.0635	10850	Desconocido	2.48	18,66	983,22
2006	11	27	18	16	5.80	37.5290	-121.8990	8910	Inversa oblicua	1.94	290,09	416,04
2006	11	28	15	10	52.81	40.1747	-121.0490	6140	Desconocido	2.70	9,40	841,22
2006	11	30	14	2	8.39	35.8288	-121.3552	7490	Inversa	2.11	76,20	403,27
2006	12	1	4	3	32.79	37.4700	-118.6420	7190	Desconocido	1.90	344,05	861,62
2006	12	2	5	53	36.25	38.8187	-122.8237	2950	Normal	2.30	358,32	2714,81
2006	12	8	22	4	44.28	36.0703	-120.1990	14370	Inversa	2.11	173,23	372,66
2006	12	10	17	7	44.27	38.8287	-122.8037	2700	Normal oblicua	2.00	125,31	1278,04
2006	12	13	14	27	18.73	36.1692	-120.3462	13920	Inversa	2.25	182,51	417,81
2006	12	13	15	45	29.35	36.4607	-121.0308	1410	Inversa	2.31	210,91	262,46
2006	12	16	9	50	25.55	38.8180	-122.7880	2970	Desconocido	2.08	113,74	1094,15
2006	12	21	21	46	51.43	36.0703	-120.1905	4540	Normal	2.01	357,10	1441,08
2006	12	23	9	2	49.24	38.7648	-122.7375	2540	Normal	2.20	332,15	1874,52
2006	12	24	4	55	31.71	37.9105	-121.7832	18490	Desconocido	2.25	133,56	343,70
2006	12	25	12	11	21.76	38.7652	-122.7027	2230	Normal	2.66	19,45	1500,07
2006	12	29	3	23	47.93	37.9523	-122.3242	9110	Normal oblicua	1.92	340,23	1333,00
2006	12	30	16	39	10.92	38.8122	-122.7897	5050	Normal	3.43	301,46	1086,80
2007	1	1	5	16	0.87	37.5293	-118.8193	5580	Desconocido	1.74	330,28	2162,63
2007	1	1	5	57	49.58	36.5455	-121.1047	8490	Desgarre	2.05	336,68	1193,65
2007	1	2	22	46	29.67	36.0770	-119.8187	20760	Normal	2.57	113,09	1392,88

2007	1	3	12	27	13.86	35.6863	-121.1140	7030	Inversa	2.49	289,61	1263,28
2007	1	7	2	44	19.10	38.8175	-122.8192	3010	Desconocido	2.20	47,54	271,21
2007	1	8	0	5	36.89	35.6673	-121.0382	6650	Inversa	2.18	236,73	232,87
2007	1	11	12	44	26.78	36.0915	-120.4777	6930	Inversa	1.93	185,14	345,95
2007	1	11	20	44	0.05	36.4442	-121.0110	3180	Desgarre	1.64	201,32	314,34
2007	1	13	1	38	9.96	37.2393	-119.9140	20350	Desconocido	2.37	306,61	870,31
2007	1	17	0	40	58.30	37.8333	-121.9287	11210	Normal	1.71	192,28	2387,63
2007	1	18	11	22	13.63	37.6402	-122.0533	1940	Desconocido	1.76	87,86	3114,78
2007	1	19	7	29	56.26	38.6755	-122.3977	6090	Desconocido	2.54	323,77	1091,39
2007	1	19	22	42	4.26	37.3223	-118.5337	12190	Normal	2.74	75,89	1833,95
2007	1	20	11	30	40.92	38.8120	-122.8242	3200	Normal	2.05	58,18	3140,29
2007	1	22	8	57	17.60	37.6203	-119.4247	14410	Normal	2.99	318,29	1541,76
2007	1	24	7	37	20.19	37.9765	-118.6543	9250	Desconocido	1.95	171,14	504,61
2007	1	24	9	51	23.80	37.6322	-119.0252	5290	Normal	1.70	310,37	430,71
2007	1	25	14	11	11.12	37.6467	-119.0403	4010	Desconocido	1.68	33,97	494,93
2007	1	26	4	40	23.25	38.8313	-122.7893	2860	Normal	1.94	55,03	878,43
2007	1	26	12	18	34.93	36.0410	-120.1272	14470	Normal	1.79	209,53	30,94
2007	1	26	19	41	6.72	36.0263	-120.1333	13030	Normal	2.06	215,95	1660,13
2007	1	27	15	10	46.01	37.5925	-122.1027	13380	Normal	1.62	309,13	401,56
2007	1	29	3	36	17.13	35.8930	-120.4420	11020	Normal	1.96	303,58	1613,29
2007	1	29	6	38	56.76	35.5345	-120.7890	6440	Desconocido	1.84	199,03	1040,09
2007	1	30	7	21	54.93	36.2810	-120.8313	9880	Inversa	1.79	198,49	1152,16
2007	2	1	8	22	11.21	38.7910	-122.7893	3060	Desconocido	2.48	9,24	2132,27
2007	2	3	0	41	4.45	38.8170	-122.7838	2760	Desconocido	2.45	91,94	549,50
2007	2	3	13	5	1.46	38.7667	-122.7422	2150	Desconocido	2.31	50,78	580,97
2007	2	3	13	5	26.32	36.9938	-121.4537	8780	Desconocido	3.22	99,75	2270,26

2007	2	7	22	33	44.70	37.4227	-118.6637	17170	Normal	2.06	351,14	1499,79
2007	2	9	5	47	4.39	37.5662	-118.8268	5600	Normal oblicua	1.74	190,16	246,45
2007	2	9	16	48	13.66	37.6442	-122.0430	4590	Desconocido	1.87	152,11	411,50
2007	2	9	23	43	52.75	35.5438	-120.8477	7980	Inversa	2.51	147,09	577,82
2007	2	9	23	55	31.86	36.0013	-120.5603	3320	Desgarre	2.26	336,62	682,82
2007	2	11	5	9	17.34	37.5650	-118.8293	5780	Desgarre	1.61	20,78	1183,52
2007	2	11	8	44	47.06	37.6412	-122.4967	7000	Desconocido	1.90	128,37	661,76
2007	2	14	9	2	24.82	38.8432	-122.8385	2100	Normal	2.32	60,52	2537,54
2007	2	17	23	43	59.89	36.0122	-120.5788	4120	Inversa	1.63	301,17	690,08
2007	2	18	1	39	26.92	40.5440	-124.3817	23070	Normal	3.01	166,71	1695,71
2007	2	19	15	56	41.74	38.7380	-122.7270	2780	Normal	2.90	195,79	1973,27
2007	2	21	8	56	3.22	36.4510	-120.2090	15280	Inversa	2.45	124,38	908,65
2007	2	22	1	0	54.38	38.8123	-122.4457	6850	Normal oblicua	2.22	31,03	1565,24
2007	2	23	23	46	15.06	37.8645	-122.2410	11080	Desgarre	3.41	322,00	770,39
2007	2	24	5	5	52.62	37.8107	-121.9627	10540	Normal oblicua	2.21	82,42	1228,74
2007	2	25	5	34	31.85	37.8572	-122.2495	8720	Desgarre	2.61	53,05	941,78
2007	2	26	4	10	10.65	36.0575	-120.6353	0	Desgarre	2.41	342,16	1294,21
2007	2	26	7	18	23.10	36.2433	-120.6838	15110	Desgarre	2.67	59,66	1372,94
2007	3	2	1	51	30.25	37.4488	-118.8422	9240	Desconocido	2.57	223,99	1983,73
2007	3	2	7	44	45.98	35.8007	-121.4168	6690	Inversa	2.22	186,61	922,99
2007	3	2	9	28	30.83	38.7767	-122.7228	3540	Normal	3.05	46,45	1593,36
2007	3	3	12	6	1.23	38.8130	-122.8210	2810	Normal	1.85	101,72	1824,68
2007	3	5	4	43	43.62	37.5285	-118.8210	7310	Normal	1.86	241,41	1749,24
2007	3	5	17	40	53.62	37.6228	-118.8593	4280	Normal oblicua	1.90	285,62	1407,07
2007	3	6	21	25	56.91	36.4628	-121.1303	18180	Normal	1.61	354,94	1155,65
2007	3	8	5	5	5.10	38.8185	-122.7833	2690	Normal	1.73	199,55	662,00

2007	3	8	19	25	4.22	35.5518	-118.7765	6210	Desconocido	2.80	285,71	1812,62
2007	3	10	18	50	59.80	37.4790	-118.8437	4720	Desconocido	1.76	240,43	740,44
2007	3	13	6	32	12.21	37.6428	-119.0218	2910	Desconocido	1.97	61,27	1016,30
2007	3	14	13	58	7.94	37.5280	-118.8192	7100	Normal	2.05	249,44	362,54
2007	3	14	18	30	56.65	38.4353	-119.3548	7790	Normal	2.76	46,69	682,58
2007	3	15	3	52	53.15	37.6522	-118.8523	7560	Desgarre	2.06	330,36	1634,06
2007	3	16	7	23	59.76	39.7415	-122.0885	22670	Normal oblicua	3.10	16,43	2528,50
2007	3	17	5	40	12.61	38.4380	-119.3565	8680	Desconocido	2.72	315,96	2537,94
2007	3	19	17	47	20.49	37.4680	-121.8738	40	Inversa	1.78	78,96	940,61
2007	3	19	19	43	57.66	40.2767	-121.3672	5820	Normal	2.83	319,70	1390,28
2007	3	19	23	3	57.19	37.5532	-118.8517	9550	Normal	1.75	82,08	1008,21
2007	3	23	20	24	24.28	40.1223	-123.0637	38930	Normal	2.18	280,19	1871,32
2007	3	24	14	48	26.56	38.7662	-122.7128	3110	Normal	2.63	114,52	319,73
2007	3	24	21	57	11.89	38.4272	-119.3620	9060	Normal	2.57	298,27	1510,95
2007	3	25	6	17	30.57	36.6408	-121.2545	6560	Desgarre	3.14	132,31	586,38
2007	3	27	0	44	56.73	36.6313	-121.2452	6210	Desconocido	1.92	265,88	1080,85
2007	3	28	6	17	20.13	37.7053	-122.0923	7100	Desconocido	1.71	355,59	224,00
2007	3	29	13	38	45.12	37.6225	-119.0452	5170	Normal	1.95	225,12	1134,91
2007	4	2	16	54	38.64	38.8172	-122.8095	4400	Normal	2.44	263,35	2090,04
2007	4	2	17	25	43.20	38.8307	-122.8078	2780	Normal	2.27	269,54	1626,69
2007	4	4	19	56	49.02	38.8360	-122.7972	3030	Normal	2.07	336,61	1651,14
2007	4	4	20	37	19.22	35.5955	-120.8408	7290	Desconocido	3.29	187,04	549,77
2007	4	6	5	23	15.63	37.5370	-118.7953	14150	Normal	1.88	216,02	1308,81
2007	4	8	19	1	57.74	38.5403	-122.7698	4930	Desgarre	2.62	240,34	718,09
2007	4	8	23	50	10.46	37.1925	-121.5818	5890	Desgarre	2.55	9,44	900,68
2007	4	9	20	37	52.45	36.7448	-121.3408	8330	Inversa	1.64	86,71	745,92
2007	4	9	22	47	35.84	38.8257	-122.7967	2980	Normal	2.36	313,05	1126,11

2007	4	11	10	2	30.77	36.4545	-120.7457	12670	Desconocido	2.06	342,90	519,87
2007	4	12	21	33	7.46	37.9538	-118.5307	8580	Normal	2.17	186,81	911,85
2007	4	13	5	0	3.28	35.5238	-120.8372	8550	Inversa	1.93	180,18	859,27
2007	4	15	8	25	20.56	40.2943	-121.3505	7630	Normal	2.33	56,90	1021,07
2007	4	18	18	37	19.23	36.2272	-120.8223	6060	Normal	1.65	294,84	1779,75
2007	4	18	21	26	1.15	38.7762	-122.7233	1990	Normal	2.19	18,15	2690,18
2007	4	19	21	29	57.31	37.6095	-119.4390	6650	Desconocido	2.12	358,57	1421,84
2007	4	20	3	25	27.01	38.6493	-119.5340	3370	Normal	3.56	157,18	2622,48
2007	4	25	8	22	16.12	36.6233	-121.2287	8120	Inversa	2.44	297,91	578,12
2007	4	26	0	22	58.14	38.0783	-122.2372	6800	Desconocido	2.20	215,04	525,20
2007	4	26	16	37	33.76	36.5587	-121.1598	8210	Inversa	1.71	163,15	449,87
2007	4	27	5	44	53.42	37.4645	-118.4512	4690	Normal	1.70	24,58	1077,11
2007	4	27	15	36	42.92	40.3712	-122.1867	21860	Desconocido	2.25	273,49	873,85
2007	4	30	15	51	28.10	38.8195	-122.8232	3680	Normal	3.05	265,84	2180,33
2007	4	30	20	9	18.69	37.5282	-118.7900	6540	Inversa oblicua	1.72	189,11	650,96
2007	5	1	13	17	16.04	36.7073	-121.1723	11370	Desconocido	2.05	205,68	1914,07
2007	5	1	23	51	21.18	37.1923	-120.1707	20820	Normal	2.18	119,29	2522,75
2007	5	2	12	43	7.28	35.7075	-121.0157	6810	Inversa	2.23	358,00	382,08
2007	5	2	21	17	6.98	39.6940	-122.0350	23710	Normal	2.66	24,17	2383,03
2007	5	3	6	41	16.47	36.7847	-121.3290	6660	Inversa	2.08	141,37	337,21
2007	5	3	17	30	3.76	39.4987	-122.9468	11190	Normal	2.25	269,52	1927,79
2007	5	3	19	5	4.90	37.6167	-119.0210	4870	Desconocido	1.80	318,98	1711,44
2007	5	5	20	34	0.82	35.9562	-120.5120	8670	Desgarre	2.09	328,37	1183,07
2007	5	8	16	16	50.20	40.7752	-121.5613	9000	Normal	2.40	264,94	646,77
2007	5	9	17	43	23.14	37.0812	-122.2445	14430	Inversa	1.90	86,40	706,64
2007	5	10	10	44	5.73	38.6112	-123.3852	7920	Inversa	1.98	357,13	545,38

2007	5	12	12	42	33.85	38.8345	-122.8062	2370	Normal	2.00	227,87	1827,00
2007	5	12	15	24	46.77	37.8708	-122.2243	4610	Normal	2.00	318,87	1543,18
2007	5	13	15	5	2.57	36.5473	-121.1383	2570	Normal	1.86	284,40	2503,87
2007	5	13	20	3	18.56	36.0380	-120.3827	7720	Inversa	2.05	249,66	1059,86
2007	5	13	20	14	44.76	38.8278	-122.7967	3720	Normal	1.95	64,18	1574,73
2007	5	15	0	15	44.10	39.5005	-122.9957	5210	Normal	2.04	143,59	1935,64
2007	5	16	20	6	59.74	36.1612	-120.7293	7990	Desconocido	1.63	7,65	2346,37
2007	5	17	20	2	15.52	38.7877	-122.7705	2860	Normal oblicua	1.98	337,09	2103,48
2007	5	18	0	19	19.18	35.8057	-121.3615	4630	Desconocido	2.30	100,97	2247,92
2007	5	18	8	38	40.28	38.8048	-122.8157	4750	Normal	2.49	329,49	1413,88
2007	5	18	18	8	52.94	38.4127	-119.3580	10320	Normal	2.14	280,20	2924,22
2007	5	19	8	43	44.10	37.5690	-118.8065	6620	Normal	2.04	299,95	1235,79
2007	5	20	23	10	19.54	37.3640	-121.7270	6770	Desgarre	3.50	359,02	924,75
2007	5	22	3	51	11.45	38.8225	-122.7997	4280	Normal	2.13	77,89	974,76
2007	5	22	9	44	18.71	38.8107	-122.7930	4010	Normal	2.49	247,82	334,14
2007	5	23	3	25	6.04	39.3280	-122.8887	7690	Desconocido	2.74	47,62	984,83
2007	5	23	4	7	7.11	37.5840	-118.8745	6500	Normal oblicua	2.50	76,93	984,67
2007	5	24	12	52	15.17	38.8247	-122.7913	2880	Normal	2.86	272,56	875,47
2007	5	24	16	1	19.73	38.4285	-122.4580	10130	Inversa	3.31	179,27	317,25
2007	5	25	21	40	6.96	36.7448	-121.3430	7540	Inversa	1.82	332,29	316,51
2007	5	26	14	8	58.12	38.7605	-122.7478	1090	Normal	1.73	281,38	1352,96
2007	5	29	8	45	23.87	38.7712	-122.7278	1910	Normal	1.82	31,08	362,64
2007	5	29	15	42	14.53	39.0422	-123.1238	4610	Normal oblicua	2.25	270,15	1746,33
2007	5	30	19	48	32.61	39.6118	-123.0062	15420	Desconocido	2.37	4,54	1934,06
2007	5	31	21	32	37.52	38.7707	-122.7300	2620	Desconocido	1.97	47,85	1340,94
2007	6	1	19	6	45.10	38.8203	-122.7902	2410	Normal	2.13	326,93	1832,60
2007	6	2	19	53	57.07	38.5117	-122.6298	5700	Inversa	1.66	149,58	772,16

2007	6	2	23	45	58.42	39.6990	-121.8075	12240	Desconocido	2.59	75,30	1105,65
2007	6	3	22	5	8.10	37.2117	-122.1117	12250	Inversa	2.68	187,53	485,99
2007	6	7	19	55	32.76	40.1872	-122.8958	43940	Normal	2.29	194,74	1028,56
2007	6	8	4	49	2.22	36.5508	-121.1398	3050	Desconocido	2.39	86,94	1392,56
2007	6	11	19	36	4.47	37.6377	-119.4265	60	Desconocido	2.11	248,53	814,22
2007	6	12	15	20	30.27	35.7085	-121.0508	6770	Inversa	2.19	116,13	884,58
2007	6	14	7	55	58.71	38.8265	-122.7682	1240	Normal	2.09	333,48	1573,13
2007	6	15	19	49	39.05	36.7202	-121.3085	4980	Inversa	2.12	165,43	1399,50
2007	6	18	4	27	37.76	38.2375	-122.1690	6320	Desconocido	2.02	113,89	714,52
2007	6	19	0	50	41.85	36.6192	-121.1117	8020	Desconocido	1.80	43,05	914,84
2007	6	20	15	45	50.61	38.8322	-122.8070	3420	Desconocido	2.43	61,91	173,98
2007	6	21	9	30	18.16	38.7908	-122.7483	4690	Desconocido	2.06	225,10	553,64
2007	6	21	20	49	37.87	35.8130	-121.1833	5530	Inversa	1.62	74,08	279,13
2007	6	22	8	34	4.19	35.3688	-119.9345	9760	Normal	2.09	210,70	441,92
2007	6	23	6	53	57.31	37.7125	-121.9685	9960	Desconocido	1.96	108,81	286,33
2007	6	24	10	14	59.05	38.7523	-122.7212	1410	Normal	2.03	207,08	1076,33
2007	6	25	0	24	47.73	38.8078	-122.7912	2190	Desconocido	2.62	224,38	276,99
2007	6	25	13	7	2.73	36.0283	-121.0363	11350	Desconocido	1.85	250,77	1052,72
2007	6	25	17	22	42.35	38.5400	-122.7708	3720	Desconocido	1.68	2,25	839,71
2007	6	26	18	23	20.51	39.3562	-123.2322	30	Desgarre	2.86	5,68	1442,12
2007	6	28	16	12	16.58	39.4682	-123.1148	3660	Desconocido	2.08	272,30	1142,53
2007	6	29	20	9	5.10	36.8580	-121.5908	5750	Desconocido	1.92	9,12	2056,31
2007	6	29	20	39	22.64	36.5143	-121.0965	4680	Normal	2.06	24,67	1891,33
2007	7	3	1	10	7.87	38.0155	-122.2497	7700	Inversa oblicua	1.68	230,26	624,43
2007	7	5	14	14	2.40	38.8278	-122.7955	4020	Desconocido	2.26	39,79	347,17
2007	7	5	16	25	50.44	37.9727	-118.7210	7990	Desconocido	1.77	131,82	654,11

2007	7	5	18	19	37.18	35.6855	-121.1458	5520	Inversa	2.21	41,76	692,16
2007	7	7	23	40	18.40	37.7192	-119.9370	27260	Desconocido	2.34	241,76	259,86
2007	7	8	12	22	15.89	38.8292	-122.7568	1310	Desgarre	2.18	281,57	1148,76
2007	7	9	18	14	30.61	36.6950	-121.3243	4000	Desconocido	2.60	52,57	1240,27
2007	7	10	17	47	37.72	38.8135	-122.7980	2440	Desconocido	2.66	9,18	1805,60
2007	7	11	6	36	56.31	37.5153	-118.4152	8130	Normal	1.71	342,63	747,41
2007	7	12	8	16	2.89	38.8185	-122.7985	2950	Normal	1.78	93,19	539,40
2007	7	16	19	16	17.38	39.4443	-123.1108	2970	Desconocido	1.69	283,74	1062,07
2007	7	18	1	34	58.02	38.7622	-122.7238	2440	Desconocido	2.67	76,69	1816,56
2007	7	18	21	31	56.27	38.8427	-122.8042	1180	Normal	3.30	318,81	1480,78
2007	7	19	17	30	35.58	35.6677	-121.0637	5960	Inversa	1.99	22,47	357,75
2007	7	21	2	25	34.34	37.4965	-118.8422	8580	Desconocido	1.69	106,04	236,93
2007	7	23	23	20	55.37	39.4225	-123.1017	4990	Normal	1.92	157,84	1112,83
2007	7	24	18	41	48.36	37.9702	-118.7262	7350	Desconocido	1.63	50,32	958,09
2007	7	26	14	24	22.65	37.5112	-118.8217	4280	Desconocido	2.92	269,34	1944,72
2007	7	26	20	33	3.25	35.6748	-121.1118	8630	Normal oblicua	1.93	60,43	1806,10
2007	7	26	21	39	35.26	35.9873	-119.9660	24990	Inversa	2.84	260,58	1007,40
2007	7	27	19	39	25.32	35.1903	-120.6430	8900	Inversa	2.11	202,22	983,88
2007	7	28	0	24	19.08	37.5200	-119.3925	17620	Normal	2.68	127,45	2443,25
2007	7	28	12	58	38.97	36.9083	-121.6548	10490	Desconocido	2.39	157,05	566,74
2007	8	1	7	33	39.58	38.7892	-122.7668	2810	Normal	1.98	310,87	805,02
2007	8	4	22	57	23.80	39.9287	-122.8550	7020	Normal	2.43	283,61	349,22
2007	8	5	4	9	29.17	38.7732	-122.7485	900	Normal	1.76	119,42	920,17
2007	8	5	12	16	55.73	38.7475	-122.6985	1690	Normal	1.89	332,16	1504,73
2007	8	6	9	50	6.73	36.0192	-120.5837	4430	Desconocido	1.63	246,04	1011,75
2007	8	7	15	35	8.38	35.8250	-120.3742	6690	Desgarre	1.81	344,96	861,00

2007	8	9	17	14	4.53	37.4537	-118.8243	10320	Normal oblicua	1.76	345,44	2202,63
2007	8	9	17	20	29.33	38.7925	-122.7663	2960	Desconocido	1.69	337,09	2192,24
2007	8	10	0	23	10.49	36.0233	-120.6015	5830	Desconocido	2.07	168,56	1488,12
2007	8	13	8	22	51.85	38.7612	-122.7412	1720	Inversa	1.75	189,35	377,56
2007	8	13	11	57	27.72	38.7765	-122.7223	2110	Normal	1.69	134,28	1144,22
2007	8	14	19	43	35.08	36.1410	-120.7930	9400	Inversa	1.68	147,97	1195,16
2007	8	19	16	0	15.68	38.7707	-122.7443	1550	Inversa	2.97	294,52	470,90
2007	8	20	4	12	33.85	37.4588	-118.8433	6550	Desconocido	1.83	144,00	312,12
2007	8	20	10	19	22.37	36.8883	-121.6312	8660	Desconocido	1.85	301,58	277,24
2007	8	20	23	3	28.38	37.9502	-122.5213	5320	Desgarre	1.66	106,18	837,61
2007	8	23	16	23	14.96	38.8253	-122.7523	910	Normal oblicua	2.19	335,13	1317,21
2007	8	23	20	23	0.04	37.4105	-118.6005	11150	Desconocido	1.67	86,22	1264,26
2007	8	25	23	45	32.82	39.1338	-122.9668	3480	Desconocido	1.85	126,93	2404,82
2007	8	26	7	34	15.17	38.6435	-119.8280	0	Inversa	3.06	233,35	487,93
2007	8	27	8	12	36.71	37.6527	-119.3802	12890	Normal	1.83	7,77	406,38
2007	8	27	13	20	17.23	35.9877	-120.8742	11360	Desgarre	1.83	157,80	875,99
2007	8	29	15	26	48.58	37.4780	-118.8322	4820	Normal	2.94	215,39	2719,00
2007	9	1	5	38	14.25	40.2862	-123.2828	36360	Desconocido	2.19	215,73	1820,76
2007	9	1	10	41	41.87	37.4950	-119.3738	18060	Desconocido	2.01	356,91	1721,19
2007	9	3	11	37	51.13	38.0120	-122.2588	8530	Desgarre	1.78	331,79	917,72
2007	9	3	20	1	48.20	36.4163	-120.9895	8230	Desconocido	2.88	206,60	310,38
2007	9	4	20	42	7.39	37.4907	-119.3695	15190	Normal oblicua	2.13	136,65	1482,40
2007	9	6	17	4	46.98	38.8090	-122.8083	730	Desgarre	1.77	343,78	929,35
2007	9	6	23	38	8.85	37.4942	-119.3768	16190	Desconocido	2.86	153,86	1650,21
2007	9	8	4	13	17.38	37.4945	-119.3703	16280	Normal	2.04	268,08	1334,08
2007	9	10	6	17	49.79	36.2427	-120.3077	11900	Inversa	2.11	152,48	855,62
2007	9	10	16	1	4.89	36.8282	-121.3723	5320	Inversa	1.63	86,30	1069,47

2007	9	12	1	2	52.29	38.7523	-122.7240	2130	Normal oblicua	1.64	116,61	1167,59
2007	9	16	14	18	1.79	36.1663	-120.2277	13290	Desconocido	1.79	76,09	595,61
2007	9	17	6	47	29.60	37.3720	-119.0735	11120	Normal	1.92	258,87	1570,61
2007	9	18	12	31	28.64	38.8242	-122.4548	7540	Normal	2.06	16,54	455,73
2007	9	22	17	17	45.99	37.4735	-118.8420	8090	Normal oblicua	1.68	0,66	1787,46
2007	9	25	17	41	54.56	40.2787	-121.2443	40	Desconocido	2.32	328,91	2279,55
2007	9	27	19	0	19.14	38.8202	-122.7733	1750	Normal	1.60	330,04	1145,85
2007	9	28	19	10	20.75	36.4847	-121.0617	4900	Desconocido	2.02	271,79	572,30
2007	9	30	10	54	5.74	38.8373	-122.7702	1170	Desconocido	1.88	9,35	1847,76
2007	10	1	7	44	9.53	38.8335	-122.8082	2350	Inversa	1.65	102,54	961,12
2007	10	1	10	49	45.35	38.8068	-122.7910	1840	Desconocido	1.80	348,31	1573,93
2007	10	2	9	57	27.87	37.8053	-122.0705	12380	Desgarre	2.12	291,88	485,20
2007	10	2	19	13	21.10	35.7880	-121.2842	5470	Desconocido	2.77	173,51	479,34
2007	10	3	14	35	15.76	38.7518	-122.7207	2550	Normal	2.74	358,09	1392,51
2007	10	5	11	50	44.51	39.5817	-120.0107	7020	Desconocido	2.10	208,49	508,19
2007	10	11	18	0	33.74	35.7258	-121.1033	6400	Inversa	1.97	127,80	625,27
2007	10	12	6	9	15.81	40.5710	-121.8918	15430	Normal	1.98	311,63	2035,43
2007	10	13	13	2	21.68	36.6198	-121.1653	7610	Desconocido	1.82	104,18	1780,71
2007	10	14	1	44	43.53	37.4165	-121.8112	3190	Normal	2.06	186,22	1933,65
2007	10	16	12	43	0.71	35.5585	-120.8160	5210	Inversa oblicua	2.42	143,11	224,17
2007	10	17	9	27	51.50	36.8842	-121.6250	8010	Desgarre	2.61	313,43	582,93
2007	10	18	11	34	49.05	36.5868	-121.1875	6750	Desconocido	2.11	328,46	584,46
2007	10	19	23	34	20.83	37.5932	-118.4570	9840	Desconocido	1.97	262,55	129,90
2007	10	22	18	29	57.95	36.5847	-121.4093	1530	Desconocido	1.72	40,54	1546,59
2007	10	23	23	11	56.67	39.3253	-122.7998	12400	Desconocido	2.26	125,90	1273,39
2007	10	29	4	56	11.83	37.5323	-118.6435	14810	Inversa	1.70	76,70	992,26

2007	10	29	9	31	12.79	38.4485	-122.6488	6640	Desgarre	1.73	339,80	1171,91
2007	11	1	16	34	31.28	37.5397	-118.8137	7170	Desgarre	3.53	69,39	822,98
2007	11	5	0	19	4.92	38.7582	-122.7147	1940	Desconocido	2.06	40,23	389,55
2007	11	6	12	1	27.58	40.5248	-123.6347	25260	Desconocido	2.22	167,41	1243,08
2007	11	7	7	32	28.84	36.5405	-121.0928	8180	Desconocido	1.78	16,09	1305,84
2007	11	12	10	45	26.77	37.4553	-118.9847	18490	Normal	1.86	48,95	2455,33
2007	11	14	10	32	36.79	40.3540	-123.7092	25530	Normal	1.84	4,29	1996,59
2007	11	14	11	42	34.30	37.8592	-122.2478	5520	Desgarre	1.88	39,94	1119,74
2007	11	16	11	57	51.28	36.9352	-121.4328	6210	Desconocido	1.65	355,80	862,55
2007	11	16	12	41	41.41	37.2152	-122.1307	12300	Inversa	1.66	190,07	446,60
2007	11	17	10	26	46.19	36.3167	-120.0163	23130	Inversa	2.28	149,39	684,39
2007	11	19	16	35	32.99	38.8253	-122.8265	2410	Normal	1.62	6,61	1112,44
2007	11	20	2	18	37.22	38.8397	-122.8258	2170	Desconocido	1.74	297,23	1039,07
2007	11	20	12	38	7.34	38.7838	-122.7240	2150	Desconocido	1.96	245,28	724,86
2007	11	22	23	46	37.97	35.6292	-120.7357	5300	Inversa	2.79	11,72	1365,77
2007	11	23	1	47	0.69	35.6938	-121.1550	5220	Inversa	1.98	59,06	1475,58
2007	11	27	14	52	2.87	38.8365	-122.7742	1370	Normal	1.68	121,82	2172,12
2007	11	28	14	8	26.11	37.0038	-118.2847	10300	Desconocido	2.70	86,31	1889,28
2007	11	28	19	47	29.56	41.8023	-121.9347	9830	Normal	2.41	245,10	179,37
2007	11	29	14	46	9.11	35.6905	-121.1000	6500	Inversa	2.48	251,86	676,83
2007	11	30	17	31	43.07	37.9763	-122.0498	16060	Normal oblicua	2.41	117,57	1110,24
2007	12	7	12	54	18.29	38.8313	-122.8002	2460	Normal	1.78	158,37	1879,53
2007	12	9	13	51	45.79	36.6208	-121.2260	4660	Desconocido	1.86	160,81	1525,48
2007	12	12	6	21	49.97	38.7720	-122.7150	2200	Desconocido	1.74	295,80	1331,96
2007	12	18	3	13	4.13	38.8158	-122.7968	2190	Desconocido	2.22	10,23	663,09
2007	12	19	9	6	23.06	36.4763	-121.0558	7910	Desconocido	2.45	141,86	739,67

2007	12	19	19	13	5.32	35.5625	-120.8123	5040	Inversa	2.36	251,93	233,15
2007	12	21	3	0	33.64	40.1613	-121.3145	10020	Desconocido	2.95	290,11	2712,30
2007	12	21	8	2	54.68	38.7353	-122.8345	5170	Normal oblicua	2.20	48,87	2908,65
2007	12	21	16	35	58.56	37.6388	-118.9223	8030	Normal	1.72	327,11	672,44
2007	12	22	5	25	1.61	38.8213	-122.7787	1790	Desconocido	1.71	323,84	2299,15
2007	12	24	5	29	35.13	38.8162	-122.7857	1830	Normal	1.74	294,31	3119,18
2007	12	24	8	5	35.01	35.7025	-121.1355	6740	Inversa	2.21	177,82	1579,53
2007	12	26	16	35	0.30	38.8350	-122.7978	2720	Desconocido	2.28	182,97	729,33
2007	12	28	6	40	13.67	35.5775	-120.8660	4360	Inversa	2.16	79,28	643,42
2007	12	29	23	40	3.94	37.4643	-121.7965	4250	Normal	1.62	323,72	877,00
2008	1	1	21	19	56.78	36.7872	-121.4533	5940	Inversa	1.91	19,06	602,34
2008	1	2	1	24	45.96	38.8208	-122.8052	4080	Desgarre	1.89	286,67	804,67
2008	1	2	3	48	12.50	35.5247	-120.8282	5800	Inversa	2.51	170,00	509,50
2008	1	3	2	43	16.46	38.0362	-118.6388	4340	Desconocido	1.98	304,36	1164,68
2008	1	4	4	9	4.19	37.5913	-119.4057	7990	Desconocido	1.98	343,05	1017,36
2008	1	5	13	14	45.29	38.8102	-122.7865	1560	Normal	1.92	140,30	2170,04
2008	1	7	8	18	54.66	37.8618	-121.7638	19520	Desgarre	1.98	9,98	2044,47
2008	1	10	16	4	1.89	37.4288	-121.7735	4270	Normal	1.64	178,61	2280,87
2008	1	11	14	34	19.47	38.8215	-122.8135	2420	Normal	1.84	126,14	2264,58
2008	1	13	2	29	51.87	35.5337	-120.8382	4560	Inversa	2.32	305,99	384,16
2008	1	14	8	44	20.38	37.5380	-118.8250	10560	Normal	1.75	260,30	1142,48
2008	1	16	0	48	30.67	36.2332	-120.3688	10010	Inversa	2.54	142,96	832,39
2008	1	17	6	9	9.27	36.5545	-121.1480	9010	Desconocido	2.26	65,11	1170,13
2008	1	17	6	23	45.82	37.4180	-121.7655	7370	Desgarre	1.83	68,32	1337,37
2008	1	17	6	59	5.55	39.4722	-122.9675	9940	Normal oblicua	2.20	66,72	1971,34
2008	1	17	11	25	55.25	38.8223	-122.8290	2130	Desconocido	2.15	184,65	377,67
2008	1	18	5	13	34.50	37.3895	-121.7448	7210	Desconocido	2.54	7,30	1682,69

2008	1	18	7	31	1.26	35.6015	-120.7193	60	Desgarre	2.28	70,91	1240,61
2008	1	19	7	16	37.49	40.4712	-121.5448	5360	Desconocido	2.12	33,91	2021,74
2008	1	20	13	11	17.71	38.8265	-122.8318	2380	Desconocido	1.63	185,67	634,80
2008	1	22	13	24	48.38	36.0310	-120.5317	7940	Inversa	2.12	304,22	1358,76
2008	1	24	19	36	59.90	38.8098	-122.7973	3550	Normal	1.85	311,38	804,57
2008	1	25	4	3	6.83	37.6565	-122.5183	6530	Normal	2.04	200,13	2544,37
2008	1	28	21	49	55.58	38.8082	-122.8133	3700	Normal	2.25	285,67	623,42
2008	1	29	19	19	56.93	40.1732	-122.7457	9890	Normal	2.90	212,17	1068,48
2008	1	30	9	3	58.06	36.8105	-120.8468	6700	Inversa	2.15	355,29	389,47
2008	2	2	4	6	12.69	38.7750	-122.7493	2440	Desconocido	1.75	343,38	1320,45
2008	2	2	6	8	11.30	39.1517	-122.8287	8040	Desconocido	2.04	11,00	901,91
2008	2	2	8	47	16.42	38.8373	-122.8285	2800	Normal	1.63	61,45	1671,24
2008	2	3	10	49	18.94	35.5012	-120.7830	4050	Inversa	3.07	283,91	808,44
2008	2	4	12	39	10.14	35.5005	-120.7817	4460	Inversa	1.62	314,08	805,90
2008	2	5	3	32	55.67	38.7980	-122.7758	380	Normal	1.63	254,52	1951,70
2008	2	6	7	27	32.26	38.7483	-122.6948	1850	Desconocido	2.12	333,77	1493,90
2008	2	6	16	37	0.95	37.6100	-122.4957	7680	Normal	1.87	248,33	1480,69
2008	2	8	6	51	10.82	35.6582	-121.0435	8270	Inversa	3.14	131,79	1113,12
2008	2	9	5	46	50.34	37.6052	-122.4508	6970	Normal	1.73	261,81	2375,40
2008	2	10	2	5	35.27	38.0732	-118.9037	8800	Desconocido	1.80	113,46	1300,98
2008	2	12	20	15	47.68	38.7975	-122.7358	760	Inversa	1.62	76,75	789,00
2008	2	15	21	30	15.88	38.8005	-122.7400	2210	Normal	1.61	202,03	1586,93
2008	2	16	5	58	13.85	35.5510	-120.7983	4830	Inversa	2.52	205,00	1134,87
2008	2	17	22	2	9.60	38.7730	-122.7190	2120	Normal	2.25	166,80	329,35
2008	2	23	10	6	38.49	36.5235	-121.1017	4790	Normal	1.97	8,12	1892,98
2008	2	28	2	15	21.42	36.6053	-121.2158	9390	Desconocido	2.19	57,59	621,38

2008	2	28	16	5	16.39	36.5968	-121.1947	4650	Desgarre	1.73	129,53	220,30
2008	2	29	20	9	13.91	35.3368	-120.9383	4240	Desgarre	2.12	244,15	870,29
2008	3	1	22	28	5.48	38.8138	-122.7888	2660	Normal	1.97	286,86	1574,73
2008	3	2	6	50	19.18	37.6805	-121.8643	12230	Desgarre	1.92	39,87	1086,46
2008	3	2	21	56	43.70	37.4173	-119.0183	6440	Normal	2.08	180,13	1254,75
2008	3	4	5	57	28.66	38.7853	-122.7467	3010	Inversa	1.88	169,95	738,24
2008	3	5	4	41	8.22	38.8185	-122.7937	4290	Desconocido	1.64	133,30	795,61
2008	3	11	8	32	22.45	36.5975	-121.2000	2870	Normal	1.60	295,41	1534,18
2008	3	11	21	43	26.17	35.5702	-120.8423	3240	Desconocido	2.68	157,89	803,16
2008	3	14	0	38	35.40	38.7762	-122.7242	2050	Normal oblicua	1.68	338,57	1794,42
2008	3	14	1	43	37.47	35.5682	-120.8435	3660	Inversa	2.32	182,60	735,89
2008	3	16	6	57	33.05	38.8300	-122.8092	1830	Inversa	1.66	227,77	905,21
2008	3	16	18	23	18.45	37.6045	-122.4505	6990	Desconocido	1.62	55,61	518,74
2008	3	20	13	35	13.32	36.5567	-121.1497	7160	Normal	1.94	186,48	1758,50
2008	3	23	11	33	56.57	37.4807	-118.8438	9980	Desconocido	1.66	130,20	694,95
2008	3	23	14	7	16.33	35.7357	-121.1035	7350	Inversa	2.07	359,90	878,72
2008	3	31	4	22	41.16	36.0425	-120.6102	4440	Desconocido	1.81	356,63	464,61
2008	3	31	6	20	3.97	37.3595	-121.7200	7870	Desgarre	2.61	45,94	1053,35
2008	3	31	7	29	56.19	37.9238	-121.7990	13220	Normal oblicua	2.15	75,72	1264,45
2008	4	1	4	54	5.35	37.6798	-122.5107	11570	Normal	1.60	344,18	503,05
2008	4	3	11	20	9.01	35.5405	-120.8503	6970	Inversa	1.73	329,82	722,44
2008	4	4	7	59	34.97	37.5457	-118.8787	8270	Normal oblicua	1.86	53,26	1423,78
2008	4	5	1	19	34.41	38.8422	-122.7580	1640	Normal	1.84	152,82	1691,05
2008	4	6	7	4	32.08	38.9522	-122.7615	5130	Normal	1.93	308,79	2379,57
2008	4	7	9	51	45.83	37.6283	-119.0255	4970	Normal	2.23	18,60	1478,28
2008	4	9	0	18	56.57	37.4783	-118.8355	5550	Normal	2.25	71,15	1604,37

2008	4	11	6	13	21.17	36.6162	-121.2233	5670	Desconocido	2.13	161,15	1186,49
2008	4	11	18	53	12.45	35.8270	-121.1198	6120	Desconocido	2.63	39,93	498,05
2008	4	16	12	31	0.62	38.8445	-122.8263	2190	Normal	1.74	200,09	1127,44
2008	4	17	19	53	34.45	40.3190	-124.5750	20560	Inversa	2.75	192,66	635,87
2008	4	18	7	53	41.83	39.0262	-123.3597	5580	Inversa	2.43	218,84	480,41
2008	4	18	15	45	22.97	37.4815	-118.8382	4890	Normal	1.75	282,58	1293,02
2008	4	19	17	13	57.28	36.0248	-119.9380	15440	Inversa	2.34	107,51	771,94
2008	4	21	22	0	53.77	40.7802	-124.2082	21340	Normal oblicua	4.20	41,14	1640,50
2008	4	22	7	3	8.48	37.4692	-118.8323	5160	Normal	2.51	272,22	1185,30
2008	4	24	17	32	46.76	38.8087	-122.7917	3450	Normal	1.63	242,20	1431,21
2008	4	25	19	42	6.82	35.8243	-120.3738	7060	Desgarre	1.74	272,04	823,95
2008	4	26	21	51	22.33	37.4033	-118.5223	6340	Desconocido	2.80	311,68	901,61
2008	4	28	1	24	18.68	37.4052	-118.5213	6280	Desconocido	3.53	356,92	1036,38
2008	4	30	3	3	6.90	40.8358	-123.4968	29130	Normal	5.40	312,94	935,06
2008	4	30	9	12	7.26	36.1928	-120.2920	10820	Inversa	2.20	321,21	676,94
2008	5	5	15	23	36.29	35.6928	-120.2427	9900	Normal	2.50	232,80	3275,92
2008	5	10	0	1	19.88	36.0108	-120.5762	4590	Desgarre	2.38	9,54	858,99
2008	5	13	10	20	54.74	40.2320	-122.8193	9630	Desconocido	2.33	182,89	1116,83
2008	5	14	23	6	50.41	40.8768	-123.7183	28230	Normal	2.76	176,24	930,80
2008	5	16	6	54	4.62	38.8257	-122.8658	2320	Normal	2.05	6,15	949,50
2008	5	18	18	51	0.41	35.6812	-121.1340	2950	Desconocido	1.94	177,73	814,25
2008	5	19	14	51	8.84	36.2132	-120.7703	9380	Desconocido	1.66	218,21	722,65
2008	5	20	15	11	20.04	38.0165	-122.2295	6590	Normal	1.66	218,34	1384,24
2008	5	22	20	50	14.16	38.8277	-122.8648	3000	Normal	1.63	345,62	2375,21
2008	5	24	1	48	15.23	37.5293	-121.8397	4590	Desconocido	2.12	79,01	1334,69
2008	5	24	23	6	15.14	36.0272	-120.5915	4760	Desconocido	1.60	8,93	1036,42

2008	5	25	23	59	6.13	39.4732	-123.3143	6550	Desconocido	2.09	1,22	1060,98
2008	5	27	5	41	12.72	37.3680	-120.0182	15470	Normal oblicua	2.69	113,02	1176,19
2008	5	31	13	0	4.04	35.6800	-121.1188	5490	Inversa	1.84	69,76	769,32
2008	5	31	18	26	48.07	40.5515	-122.2990	29240	Inversa	2.66	192,39	1304,28
2008	6	1	13	55	59.79	37.2978	-118.1875	12130	Normal	2.22	241,61	1211,21
2008	6	1	21	37	52.77	38.7550	-122.7175	1780	Normal	1.63	83,96	2294,63
2008	6	7	13	56	14.39	37.1160	-118.2293	11360	Normal	2.01	119,32	1089,97
2008	6	9	22	29	11.38	36.5373	-121.1198	3430	Normal	2.31	280,41	1005,02
2008	6	10	14	32	30.55	39.1852	-120.4618	970	Desconocido	2.31	24,06	253,42
2008	6	11	5	6	3.82	36.7487	-121.3472	8620	Inversa	1.77	269,00	488,17
2008	6	15	19	37	7.42	38.3650	-122.1633	3810	Desconocido	1.83	24,13	2208,70
2008	6	16	1	25	28.16	37.5425	-118.9745	10040	Desconocido	2.54	194,73	666,81
2008	6	17	4	45	16.89	36.3198	-120.5200	9570	Normal	2.18	293,38	438,65
2008	6	18	17	13	10.68	35.5243	-120.8300	3500	Desgarre	2.17	257,69	441,33
2008	6	22	0	23	36.12	36.0760	-120.6395	6550	Desconocido	3.19	72,18	1399,03
2008	6	28	14	44	10.51	37.5848	-118.8188	11920	Desgarre	3.90	329,10	1695,08
2008	6	30	5	33	43.61	37.6228	-119.0502	4230	Normal	2.11	340,86	1278,46
2008	7	2	19	19	11.02	36.8897	-121.6115	2390	Normal	1.65	340,90	3059,83
2008	7	4	11	3	19.03	38.7708	-122.7402	730	Inversa	1.91	280,40	288,30
2008	7	6	16	59	26.88	36.4697	-121.0167	7290	Inversa	1.74	38,17	974,69
2008	7	7	16	50	29.58	37.3940	-118.8992	4980	Inversa	2.07	358,21	139,70
2008	7	10	8	3	9.99	37.6062	-118.8608	4300	Desconocido	1.70	202,65	375,84
2008	7	11	11	2	3.11	35.6385	-120.7550	5840	Desgarre	2.34	239,00	518,10
2008	7	13	17	16	4.76	39.1483	-123.0663	6920	Desconocido	1.85	350,14	1353,89
2008	7	13	17	48	7.77	36.7245	-121.3870	7290	Desconocido	2.11	5,51	817,03
2008	7	14	13	15	24.55	38.7830	-122.7435	620	Inversa	2.05	73,08	999,78

2008	7	15	18	45	59.28	37.6265	-119.0313	6060	Normal oblicua	1.64	359,64	1873,52
2008	7	15	19	9	20.20	35.9877	-120.5500	5030	Desgarre	2.14	8,63	1073,33
2008	7	16	18	8	10.55	38.7997	-122.7423	1250	Inversa	1.87	152,63	939,15
2008	7	18	18	19	41.60	39.1448	-123.0615	7690	Desconocido	2.97	297,86	2505,12
2008	7	21	23	42	34.23	37.5928	-121.9812	8760	Inversa	1.64	233,77	683,61
2008	7	28	12	40	43.92	40.4605	-121.4825	4470	Normal	2.64	255,32	2273,11
2008	7	28	18	33	22.59	36.6945	-121.3257	4320	Desconocido	3.16	30,62	1014,32
2008	7	30	11	48	45.27	37.2835	-122.3472	8010	Desconocido	1.91	200,64	1368,82
2008	8	8	13	38	18.92	35.8912	-120.4388	11240	Desgarre	2.20	22,63	454,47
2008	8	9	22	31	12.69	37.6498	-119.0235	2360	Inversa	1.96	342,05	575,03
2008	8	10	12	27	35.28	36.6520	-121.2712	5780	Desgarre	1.95	263,75	725,70
2008	8	14	17	18	23.95	36.6355	-121.2462	5520	Normal oblicua	2.11	308,68	2303,62
2008	8	14	20	35	36.71	38.8240	-122.7953	3340	Normal	2.21	26,55	1486,33
2008	8	18	12	32	16.55	38.9512	-123.0318	5600	Desconocido	2.50	70,95	915,49
2008	8	19	10	59	47.85	37.3882	-118.6778	15170	Desconocido	3.09	79,06	1079,02
2008	8	26	0	4	4.20	36.5385	-121.1288	7120	Desconocido	1.82	190,46	547,93
2008	8	26	1	37	28.79	38.8203	-122.7938	4160	Desconocido	2.15	244,33	212,00
2008	8	28	13	38	3.94	35.8302	-121.3110	10970	Inversa	3.63	51,35	1234,55
2008	8	29	19	35	35.80	36.0828	-120.2050	9670	Inversa	1.80	176,95	1270,28
2008	8	30	5	52	25.03	37.1587	-118.0758	5940	Normal	2.01	326,30	1476,94
2008	9	4	4	44	5.65	38.7880	-122.7265	30	Normal	1.86	198,74	1297,34
2008	9	4	5	26	50.60	39.7933	-122.0527	23460	Normal	2.78	224,63	1675,41
2008	9	6	7	47	18.17	40.8913	-123.7422	25330	Normal	3.17	257,47	633,28
2008	9	6	8	1	19.58	39.3173	-123.2717	6050	Desconocido	2.19	260,45	666,16
2008	9	6	11	2	21.66	39.0880	-123.1167	1440	Desconocido	1.76	336,13	851,75
2008	9	6	17	55	2.24	35.5575	-120.7990	3510	Inversa	1.77	244,73	456,40

2008	9	6	18	34	47.17	40.3010	-124.4978	21710	Desconocido	2.68	66,98	790,37
2008	9	8	20	13	29.37	36.6388	-121.2605	10680	Desgarre	2.10	114,96	271,82
2008	9	9	9	5	49.83	36.0745	-120.2037	10510	Inversa	2.43	36,65	589,18
2008	9	14	15	57	16.46	37.3952	-118.6765	13880	Normal	1.81	247,63	1634,56
2008	9	19	8	24	54.77	38.8223	-122.7827	2500	Normal	1.93	308,14	1756,25
2008	9	21	4	3	29.58	35.2467	-120.5347	4100	Inversa	1.90	3,99	916,20
2008	9	25	10	5	42.97	37.5457	-118.8175	12050	Normal	2.40	130,28	992,75
2008	9	27	12	23	16.47	39.6237	-121.9870	22800	Desconocido	2.30	144,79	1249,59
2008	9	27	12	42	39.12	36.1445	-120.7268	4310	Normal	1.64	181,94	2208,74
2008	9	29	2	53	52.25	38.8202	-122.4908	8550	Desconocido	1.91	196,93	859,89
2008	10	5	15	59	57.42	38.7983	-122.9772	4930	Normal	1.62	78,41	1212,97
2008	10	5	22	45	57.00	35.5758	-120.8380	5550	Inversa	2.22	317,78	593,18
2008	10	6	14	48	10.27	36.1042	-119.8342	15140	Desconocido	3.00	27,65	831,94
2008	10	8	14	16	11.48	38.7512	-122.4275	4560	Normal	1.83	313,55	534,60
2008	10	14	11	9	3.36	35.7257	-121.0463	6820	Inversa	2.19	289,21	1281,43
2008	10	16	8	31	2.94	35.6648	-121.0748	5530	Inversa	2.40	184,22	1022,04
2008	10	18	8	52	29.81	36.2772	-120.8440	6380	Desconocido	2.04	324,35	1771,86
2008	10	19	12	43	49.04	36.2497	-120.8140	7290	Desconocido	1.76	39,67	904,26
2008	10	20	10	6	53.50	38.7773	-122.7237	2010	Desconocido	2.45	299,88	1145,55
2008	10	21	19	17	48.41	35.6558	-121.0510	6370	Inversa	2.43	289,12	765,64
2008	10	26	16	16	8.51	38.9802	-122.1003	15800	Desconocido	1.93	252,63	1205,54
2008	10	31	4	38	59.76	37.6812	-119.4287	22640	Inversa	2.29	68,61	864,94
2008	11	2	0	1	39.06	37.6787	-122.5330	8540	Normal	2.26	93,91	468,43
2008	11	5	9	46	24.74	38.0020	-122.2328	4160	Desgarre	1.61	266,23	445,38
2008	11	6	15	33	17.47	37.3757	-122.2675	8340	Inversa	2.55	200,95	496,02
2008	11	7	23	6	14.75	38.8408	-122.8245	2500	Normal	1.98	204,92	682,44

2008	11	10	17	13	38.41	38.8035	-122.7985	3370	Desconocido	1.97	350,79	968,16
2008	11	15	12	36	28.93	37.4768	-118.6243	12900	Normal	2.96	90,32	2951,87
2008	11	15	13	0	39.05	38.7750	-122.7300	1360	Normal	1.78	92,32	2542,65
2008	11	15	16	44	57.16	38.8007	-122.7985	3340	Normal	2.35	168,59	2346,49
2008	11	16	8	28	10.00	35.6170	-120.7313	6260	Desconocido	1.96	311,79	1011,43
2008	11	16	11	5	27.91	37.4825	-118.8450	9500	Desconocido	1.78	27,56	1861,11
2008	11	17	7	47	53.20	37.3735	-122.2640	7820	Inversa	1.75	108,05	1135,71
2008	11	17	13	50	48.24	38.8163	-122.7687	1460	Desconocido	2.33	65,38	1374,48
2008	11	17	14	27	28.88	36.0120	-120.8777	11960	Normal oblicua	3.30	73,88	1969,04
2008	11	19	17	19	22.81	36.6283	-121.2465	8550	Normal	1.77	91,03	1504,39
2008	11	24	5	54	26.68	35.5592	-120.7860	2860	Inversa	2.31	182,02	784,81
2008	11	29	0	17	16.05	37.2783	-119.4543	35250	Normal	2.47	117,37	522,13
2008	11	29	9	14	49.58	38.7773	-122.9180	3390	Desconocido	1.90	8,10	2192,42
2008	11	29	15	20	48.28	37.1005	-121.8607	5500	Inversa	1.69	332,27	761,23
2008	12	2	14	4	53.88	36.5578	-121.1538	7060	Desgarre	2.22	97,05	1124,54
2008	12	2	18	17	42.63	38.8372	-122.8280	3050	Normal	2.81	159,95	1549,23
2008	12	4	14	44	45.79	36.0048	-120.8757	9800	Desgarre	1.70	59,51	916,35
2008	12	10	4	11	30.11	37.4543	-121.7787	7180	Desconocido	1.99	296,37	762,18
2008	12	17	20	56	51.79	36.4700	-121.0485	6070	Desconocido	2.18	264,92	346,03
2008	12	18	0	19	18.73	37.5602	-118.5235	9230	Normal	1.62	357,19	1189,32
2008	12	19	7	17	43.81	38.7712	-122.6153	5370	Inversa	1.74	341,85	127,03
2008	12	23	6	1	0.29	38.0142	-119.1635	9190	Desconocido	1.63	14,11	1303,05
2008	12	24	11	44	38.46	37.5337	-118.8717	9980	Normal oblicua	1.62	146,45	1961,03
2008	12	29	7	41	26.87	36.6585	-120.8128	8980	Inversa	1.68	148,75	1072,18
2008	12	30	13	33	48.92	35.7203	-121.0950	6680	Inversa	2.30	285,87	1169,66
2009	1	2	9	4	32.77	38.7837	-122.7263	2060	Normal oblicua	1.91	312,92	1107,42

2009	1	6	0	31	2.86	37.6715	-118.8945	6340	Normal oblicua	1.81	284,61	1809,30
2009	1	6	12	25	28.74	37.7633	-122.5717	8810	Normal	1.78	216,08	328,21
2009	1	6	20	20	16.31	37.7515	-122.5560	7960	Normal	1.79	128,31	730,01
2009	1	8	14	6	32.69	35.7097	-121.0620	9840	Inversa	1.86	356,12	1392,08
2009	1	9	1	45	18.91	35.9928	-119.8697	17060	Normal	2.89	237,36	3440,09
2009	1	13	9	19	40.99	37.5953	-118.7898	6300	Desconocido	1.91	355,96	3033,77
2009	1	13	10	4	40.73	38.8018	-122.7762	1050	Desconocido	1.61	355,22	1077,18
2009	1	14	7	46	3.10	39.0360	-123.3435	4690	Inversa	2.19	120,17	645,84
2009	1	17	19	21	15.16	37.5862	-118.8807	5120	Desconocido	1.62	207,38	1018,81
2009	1	17	20	9	13.84	35.5812	-120.8588	7220	Inversa	1.97	46,33	498,77
2009	1	18	1	52	5.23	36.6327	-121.2525	10820	Desconocido	1.88	3,46	690,45
2009	1	18	20	15	57.80	36.5142	-121.0983	5690	Desgarre	2.27	192,80	824,87
2009	1	19	3	53	25.74	38.0830	-118.8342	5600	Desconocido	1.83	21,49	636,32
2009	1	22	14	49	25.53	36.0560	-120.6435	4600	Desconocido	1.95	347,07	584,96
2009	1	23	3	0	9.32	36.5843	-121.1810	3330	Normal	2.02	259,88	2159,54
2009	1	24	11	41	10.84	37.5328	-118.8618	10330	Normal	1.74	120,89	2341,67
2009	1	27	10	24	8.52	38.8407	-122.8270	2650	Desconocido	1.98	43,49	1745,75
2009	1	31	10	6	59.75	37.5298	-118.8225	7870	Normal	3.19	350,02	1540,90
2009	1	31	22	30	21.98	39.2662	-123.1275	8110	Desconocido	1.87	312,05	484,29
2009	2	3	1	40	32.57	36.7153	-121.3562	2910	Desgarre	2.28	354,56	1135,90
2009	2	3	8	0	49.71	38.5178	-122.4702	10200	Desconocido	1.74	157,92	411,51
2009	2	3	16	34	27.66	38.8395	-122.8268	2130	Normal	1.91	154,78	1657,71
2009	2	6	11	20	50.02	37.4843	-119.3648	10310	Desconocido	2.67	127,85	2856,04
2009	2	13	13	50	7.41	38.0680	-118.8990	10550	Desconocido	1.77	93,42	966,74
2009	2	19	14	0	17.09	37.1635	-121.5658	2770	Desconocido	1.83	228,11	454,55
2009	2	20	6	21	1.24	36.8597	-121.5980	6580	Desconocido	2.70	193,43	551,28
2009	2	20	22	41	17.81	40.4852	-124.2810	20240	Inversa	2.36	353,98	238,01

2009	2	22	19	16	35.00	39.0075	-123.6650	5920	Inversa	3.08	188,04	460,85
2009	2	25	7	8	8.80	36.1947	-120.2990	10260	Inversa	1.87	148,60	1101,45
2009	2	25	11	12	47.70	37.6910	-122.5310	7310	Normal	1.88	77,42	2434,49
2009	2	26	12	50	54.18	39.8262	-120.7743	390	Normal	2.24	124,91	2087,32
2009	2	27	8	19	8.94	38.7868	-122.7365	1890	Inversa	1.60	158,41	598,98
2009	2	28	20	21	44.48	36.0523	-120.6138	6070	Desconocido	2.47	318,35	1036,50
2009	3	2	2	22	9.66	39.4862	-122.0238	3470	Normal	2.53	89,50	1749,02
2009	3	4	21	47	4.05	36.8320	-121.2817	6870	Desconocido	1.81	300,85	1404,68
2009	3	5	7	14	11.73	37.3557	-122.1358	5050	Inversa	2.33	250,31	813,13
2009	3	9	8	26	8.08	35.7158	-121.1052	9370	Inversa	2.57	222,64	1004,78
2009	3	10	1	11	30.27	40.6822	-122.2833	16200	Normal	2.87	182,72	2376,37
2009	3	16	23	19	22.40	38.7833	-122.7747	4030	Desgarre	1.70	353,90	626,73
2009	3	17	16	10	57.73	37.5713	-118.4770	11560	Desconocido	2.11	163,06	376,19
2009	3	18	4	54	18.63	36.3097	-120.5888	11490	Inversa	1.74	226,40	431,71
2009	3	18	11	4	39.12	40.5448	-124.4318	14320	Desconocido	3.80	106,26	878,73
2009	3	18	18	41	6.16	36.0872	-120.1358	8100	Inversa	2.14	93,60	424,66
2009	3	21	13	20	38.08	38.2455	-122.1707	8500	Normal	1.60	195,32	411,18
2009	3	23	2	16	28.30	36.7390	-121.3360	9000	Inversa	1.60	77,41	753,43
2009	3	23	14	16	32.50	38.7940	-122.7567	2940	Desconocido	2.30	236,72	658,93
2009	3	27	21	52	44.05	40.1472	-122.7800	9870	Normal	2.18	41,96	1968,77
2009	3	28	12	26	4.53	37.7523	-119.5402	6710	Normal	2.42	119,10	605,18
2009	3	30	17	40	29.26	37.2848	-121.6157	7650	Desgarre	4.30	209,01	966,37
2009	4	2	0	45	1.54	36.6175	-121.2237	5370	Desconocido	2.03	342,20	932,89
2009	4	4	10	51	8.62	38.7720	-122.7153	2030	Desconocido	2.24	164,93	1406,66
2009	4	5	7	42	40.21	38.7840	-122.7400	1870	Inversa	2.05	243,98	778,59
2009	4	7	22	17	24.49	40.7505	-123.3082	26560	Normal	2.94	99,41	1266,98
2009	4	11	17	31	39.18	38.7983	-122.7385	1370	Inversa	2.06	96,08	1068,49

2009	4	13	22	10	58.98	38.7920	-122.7502	1310	Desconocido	2.08	356,68	1006,30
2009	4	14	23	23	20.42	37.4733	-121.8078	8150	Desconocido	2.54	182,43	498,16
2009	4	15	21	55	8.51	37.4835	-118.8382	7550	Desconocido	2.54	312,52	730,76
2009	4	15	22	49	48.52	40.5153	-123.9010	22690	Normal	2.51	331,57	1432,49
2009	4	21	20	56	27.04	37.4943	-118.8532	10020	Normal	1.83	101,25	1478,77
2009	4	22	13	43	46.11	37.4580	-119.0115	6160	Normal	1.82	239,07	1932,23
2009	4	23	22	32	20.90	36.9928	-121.6695	3370	Desconocido	3.28	253,66	871,17
2009	4	27	20	18	20.12	39.4507	-123.2960	6430	Desconocido	2.52	312,10	1292,54
2009	4	29	2	39	2.47	38.7780	-122.7287	1620	Normal	1.76	80,87	1584,71
2009	4	30	20	15	10.83	35.6845	-121.1270	7210	Inversa	2.67	76,82	900,46
2009	5	2	17	58	33.00	38.7710	-122.7340	2270	Inversa	1.71	259,19	188,01
2009	5	3	11	41	52.11	38.0598	-118.9322	3340	Normal	2.45	218,14	1306,95
2009	5	3	15	39	58.96	39.8310	-122.4247	21220	Desconocido	2.45	302,35	934,90
2009	5	6	13	0	11.20	36.1272	-119.9972	8870	Desconocido	2.60	184,67	1107,49
2009	5	9	5	45	45.61	38.7855	-122.7432	1720	Inversa	2.10	111,37	276,24
2009	5	13	22	34	5.40	37.8633	-122.2315	10990	Desgarre	3.14	353,65	902,49
2009	5	18	13	53	24.39	38.8148	-122.7748	320	Normal	2.19	296,48	881,97
2009	5	20	13	48	6.82	38.7963	-122.7637	2040	Normal	1.92	271,25	1245,93
2009	5	23	5	58	28.42	37.4530	-118.8395	9100	Normal	2.08	347,39	1040,83
2009	5	24	4	35	51.95	37.4845	-121.8375	13380	Normal	1.64	266,29	538,13
2009	5	25	15	18	13.11	35.5270	-120.8118	5500	Inversa	2.32	50,34	1001,44
2009	5	27	0	31	52.65	37.6663	-122.5038	9480	Normal	2.23	67,85	2717,91
2009	5	27	12	10	54.03	37.5578	-118.7147	10410	Normal	2.22	79,83	1187,92
2009	5	29	21	32	58.63	37.6625	-122.5067	9720	Normal	2.30	273,38	1607,34
2009	6	1	21	9	13.83	35.6555	-121.0148	7900	Inversa	2.94	325,36	577,24
2009	6	2	0	32	0.13	38.7740	-122.7132	2530	Normal	2.48	239,78	821,13
2009	6	3	0	18	1.22	37.3068	-118.6387	13910	Normal	2.12	197,36	611,80

2009	6	3	17	30	15.22	37.4840	-118.8067	8040	Desconocido	2.30	8,22	1278,62
2009	6	5	12	18	14.64	36.0197	-121.0317	10980	Desgarre	2.76	142,70	345,28
2009	6	8	22	23	52.53	37.2772	-121.6548	5520	Desconocido	1.75	46,16	1179,94
2009	6	9	1	31	14.73	37.8655	-122.2375	10640	Desconocido	1.68	135,36	1632,07
2009	6	11	20	2	8.80	35.6407	-121.0513	5330	Desconocido	1.66	302,81	1110,17
2009	6	24	1	15	49.30	37.4065	-118.6243	14500	Desconocido	1.81	124,33	1652,76
2009	6	25	3	4	2.75	36.9767	-121.6143	3370	Normal oblicua	1.67	141,18	2741,60
2009	6	29	17	24	5.51	40.1843	-122.7748	9880	Normal oblicua	2.42	27,74	883,80
2009	7	5	20	1	2.94	37.6223	-119.0232	5100	Normal	2.14	20,12	2612,51
2009	7	6	21	36	33.90	37.4158	-118.8865	3280	Normal	1.64	48,89	2168,46
2009	7	6	23	42	29.32	38.7857	-122.7350	1710	Inversa	1.71	267,34	863,74
2009	7	7	16	2	19.11	38.7683	-122.7425	1460	Inversa	2.17	74,99	1324,72
2009	7	9	16	9	53.18	41.0142	-123.4840	28020	Desconocido	2.24	210,41	2031,20
2009	7	10	22	37	16.64	35.7240	-121.0745	7380	Inversa	1.72	202,38	730,23
2009	7	19	12	19	27.43	37.5378	-118.8270	7970	Desconocido	1.74	202,82	1910,44
2009	7	24	22	42	31.02	38.7795	-122.7573	1530	Inversa	1.84	203,76	884,02
2009	7	25	4	30	19.68	36.0470	-120.9445	6770	Normal oblicua	1.60	162,22	1741,38
2009	7	27	3	57	47.38	36.0465	-120.6158	9830	Inversa	1.63	328,23	562,63
2009	7	28	7	59	8.97	40.4795	-123.5165	7170	Desgarre	2.78	214,21	782,34
2009	7	29	19	29	46.82	39.6730	-122.0190	21770	Desconocido	2.20	93,27	1343,67
2009	8	11	12	13	23.72	37.3332	-118.1500	15930	Desconocido	2.40	31,75	1272,38
2009	8	12	4	26	45.82	37.4732	-121.7677	9990	Desgarre	2.83	115,52	201,95
2009	8	14	15	58	18.76	36.7300	-121.3903	2490	Desgarre	2.43	25,08	988,63
2009	8	16	15	57	39.94	38.8193	-122.8020	3900	Normal	2.11	317,36	1847,77
2009	8	16	18	4	1.02	38.7940	-122.8078	3750	Desconocido	1.68	9,50	1992,89
2009	8	16	23	44	1.53	38.8170	-122.8147	3060	Desconocido	2.13	157,89	1719,04
2009	8	21	14	22	51.10	38.7182	-119.6198	1170	Inversa	2.07	7,03	1340,66

2009	8	24	0	37	24.76	35.6383	-120.9447	5620	Desconocido	2.49	51,43	713,14
2009	8	25	4	5	30.73	38.8375	-122.8297	2200	Normal	1.73	181,86	1311,03
2009	8	25	18	32	46.70	37.7982	-121.9213	7300	Inversa	1.91	11,79	54,26
2009	8	26	10	11	2.21	36.6828	-121.3093	4170	Desconocido	1.62	308,88	937,36
2009	8	26	12	7	16.32	38.8292	-122.8008	1910	Normal	2.12	355,33	1070,30
2009	8	27	11	35	36.16	38.7865	-122.7368	1930	Inversa	1.90	127,84	458,40
2009	8	28	17	1	14.34	37.9527	-118.6195	7830	Desgarre	1.73	40,19	1060,63
2009	9	4	15	1	45.12	35.6583	-121.0877	9320	Inversa	3.17	45,51	950,77
2009	9	5	23	18	49.01	35.4705	-120.0693	13850	Normal	1.66	77,32	2160,67
2009	9	6	3	20	55.58	35.5568	-120.7983	5260	Inversa	3.81	14,78	710,55
2009	9	10	11	30	29.66	35.6452	-120.9558	6220	Inversa oblicua	2.02	190,44	220,79
2009	9	11	11	6	58.69	39.4000	-122.9058	7590	Desconocido	1.93	339,13	1233,35
2009	9	13	17	3	10.33	39.0425	-123.1270	3260	Desconocido	1.79	13,53	1255,18
2009	9	13	18	2	54.64	37.4445	-118.5593	16150	Desgarre	2.09	50,50	1242,54
2009	9	14	3	49	36.04	38.8252	-122.8075	3410	Normal	2.16	309,67	931,26
2009	9	21	8	57	30.49	35.6987	-121.0212	6920	Inversa	2.68	178,12	941,43
2009	9	23	10	46	57.94	38.8072	-122.7923	2040	Desconocido	1.65	4,56	781,11
2009	9	24	16	27	15.12	38.8278	-122.8282	2660	Desgarre	1.61	136,05	583,50
2009	9	26	6	1	39.62	38.7480	-122.7137	2360	Normal	1.98	215,05	1259,36
2009	9	27	17	10	41.23	38.7980	-122.7865	140	Normal oblicua	1.90	22,27	1064,38
2009	9	28	12	12	32.14	37.4472	-121.7977	6690	Normal	2.25	234,20	1419,72
2009	9	29	17	45	3.20	38.8370	-122.8077	2720	Normal	1.78	7,90	1316,66
2009	9	30	13	5	28.77	36.0488	-120.6153	10380	Inversa	2.95	52,39	698,89
2009	9	30	19	52	47.38	36.4385	-120.6178	15410	Normal	2.04	49,50	1489,27
2009	10	3	2	19	56.00	36.6572	-121.2708	11580	Inversa	2.61	25,45	778,42
2009	10	4	7	24	8.01	35.6573	-121.0773	8860	Inversa	1.61	171,00	728,97

2009	10	5	1	17	35.37	38.8122	-122.7923	3590	Normal	1.62	148,39	1630,13
2009	10	7	0	35	45.58	37.5197	-118.8557	9640	Normal	2.01	133,18	1422,65
2009	10	13	20	39	59.43	38.8238	-122.7888	2370	Normal	1.71	100,74	691,39
2009	10	14	7	7	53.96	36.5558	-121.1503	7020	Normal	2.18	30,11	1059,34
2009	10	14	22	54	45.69	38.7463	-122.7183	2150	Normal	1.82	158,61	1597,99
2009	10	16	21	20	59.09	36.4622	-121.0283	4580	Desconocido	2.01	286,18	578,57
2009	10	16	23	31	19.99	38.7822	-122.7258	1980	Normal	1.91	119,40	1342,06
2009	10	16	23	40	34.86	38.8157	-122.8062	2210	Normal	1.91	153,20	1690,32
2009	10	18	9	39	49.39	37.4468	-121.7983	6690	Desconocido	1.83	43,76	1989,89
2009	10	19	8	2	40.38	38.8112	-122.7423	2520	Normal	1.71	352,94	2638,51
2009	10	19	9	20	28.77	38.0397	-118.6072	8900	Desconocido	1.94	25,16	1631,05
2009	10	20	23	38	42.09	38.8315	-122.8077	2290	Normal	1.66	74,48	957,42
2009	10	24	2	12	7.53	37.6187	-119.0395	5290	Normal	1.64	106,37	260,68
2009	10	24	9	11	1.33	36.6207	-121.2290	5830	Desconocido	2.14	295,72	849,20
2009	10	29	15	16	18.85	37.7840	-121.9533	9830	Normal	2.04	273,90	1274,75
2009	10	29	21	24	33.13	40.0052	-120.9252	14140	Normal	2.30	136,22	1046,65
2009	10	31	0	57	58.83	38.8335	-122.7993	2330	Desconocido	1.90	192,10	1527,83
2009	10	31	9	52	5.41	38.7837	-122.7240	2350	Desconocido	2.74	97,03	2385,97
2009	10	31	12	9	18.02	36.8448	-121.4340	6760	Inversa	2.20	327,77	730,33
2009	11	1	10	52	27.62	38.8238	-122.7885	2100	Normal	1.69	114,70	2296,28
2009	11	2	4	54	6.88	38.8065	-122.7753	1090	Desgarre	2.19	264,53	1035,91
2009	11	2	12	40	12.17	35.7288	-121.1083	6960	Inversa	2.46	324,92	1515,47
2009	11	3	3	28	13.79	36.0543	-119.9312	13490	Normal oblicua	1.70	256,30	2679,36
2009	11	4	8	20	0.99	40.1603	-122.7912	4520	Desconocido	2.21	340,70	1444,44
2009	11	4	17	37	30.32	35.7300	-121.1093	6120	Inversa	1.74	80,71	353,48
2009	11	5	23	46	28.24	38.8398	-122.8290	2120	Normal	1.70	80,66	972,82
2009	11	6	19	48	11.57	38.7932	-122.7568	1690	Normal	1.81	254,81	709,82

2009	11	7	10	5	5.30	38.4680	-122.7448	8300	Normal oblicua	2.25	327,26	1660,90
2009	11	7	23	19	18.22	38.8430	-122.8275	2430	Normal	1.94	136,19	1982,46
2009	11	8	9	41	56.37	38.8035	-122.7398	2440	Desconocido	1.82	285,38	979,08
2009	11	8	12	48	20.59	35.9942	-120.5487	5200	Desgarre	2.27	5,09	809,97
2009	11	10	18	49	54.32	35.6588	-121.0775	8610	Inversa	1.60	283,59	672,52
2009	11	12	18	42	5.12	37.2168	-122.1237	12040	Inversa	1.76	238,33	536,63
2009	11	13	23	35	32.12	38.8287	-122.7983	2630	Desconocido	2.00	166,69	1137,61
2009	11	15	12	0	28.91	37.4667	-121.7753	2050	Desconocido	2.29	121,46	2523,83
2009	11	17	10	5	51.78	38.8308	-122.7998	2130	Normal oblicua	1.66	56,60	2160,54
2009	11	18	14	33	32.14	38.7687	-122.7137	2110	Normal	1.64	154,33	1853,41
2009	11	18	17	0	38.51	38.7767	-122.7507	20	Normal	1.60	181,70	565,68
2009	11	20	1	19	8.49	38.8420	-122.8622	2290	Normal	2.54	113,63	505,35
2009	11	21	12	53	42.13	38.8165	-122.8090	4000	Desconocido	2.00	60,73	1080,00
2009	11	24	12	57	1.34	38.7527	-122.7155	2220	Normal	2.45	343,55	330,41
2009	11	25	21	37	31.58	38.8143	-122.7857	1820	Desconocido	1.76	183,32	941,63
2009	11	26	19	2	43.51	37.4483	-121.7685	7500	Inversa	1.99	282,83	420,91
2009	11	28	8	46	32.37	39.8055	-121.9533	17000	Normal	2.36	99,28	1766,73
2009	11	30	5	20	59.27	38.8437	-122.8238	2390	Normal	1.68	330,34	2770,75
2009	12	1	10	3	29.76	39.6305	-122.8358	4010	Normal	2.18	62,24	2982,43
2009	12	2	7	52	31.85	36.1447	-121.2830	18740	Desconocido	1.98	182,22	910,85
2009	12	3	12	41	38.79	35.6618	-121.0832	8570	Inversa	2.18	278,24	1329,18
2009	12	8	19	30	36.76	38.8257	-122.8082	1270	Inversa	1.63	351,05	634,20
2009	12	9	23	33	58.66	37.7293	-122.5570	8310	Desconocido	1.74	257,52	1373,18
2009	12	10	9	4	10.35	39.8617	-123.1922	13280	Normal	1.65	145,30	802,77
2009	12	11	6	33	37.96	38.7718	-122.7185	2210	Normal	2.63	37,63	1862,11
2009	12	13	9	4	59.50	37.6403	-122.0512	2890	Normal	1.65	75,22	2331,70
2009	12	14	6	12	25.11	38.7873	-122.7428	1850	Desgarre	1.61	333,27	847,80

2009	12	14	23	47	30.97	38.7755	-122.7222	2080	Normal	2.02	170,29	1066,61
2009	12	16	10	45	8.62	39.6357	-122.8363	6970	Desconocido	2.34	76,37	1430,23
2009	12	18	7	51	29.89	37.3942	-118.8993	4830	Normal	2.45	334,02	1769,18
2009	12	19	2	7	20.88	36.5373	-121.1248	2780	Normal	1.98	160,60	1175,16
2009	12	19	10	20	38.81	36.6510	-121.2647	3570	Normal oblicua	2.99	22,26	1945,31
2009	12	19	20	21	10.71	37.4015	-119.0400	6030	Normal	2.38	291,12	885,73
2009	12	20	12	26	25.80	38.7883	-122.7683	4590	Desconocido	3.77	46,62	1521,55
2009	12	21	0	47	24.12	37.2878	-121.6652	4590	Inversa	2.19	270,50	139,26
2009	12	22	2	54	5.49	38.7925	-122.7557	1630	Normal	1.70	160,08	145,68
2009	12	23	18	20	11.80	39.9702	-123.1457	19690	Normal	1.91	158,34	796,05
2009	12	24	4	1	7.91	37.6175	-119.0465	5820	Normal	1.73	93,07	563,05
2009	12	25	0	39	21.37	38.8062	-122.8157	3150	Desgarre	1.97	317,80	643,57
2009	12	26	4	7	38.28	38.7485	-122.7030	1370	Normal	1.87	8,58	1151,26
2009	12	26	9	48	12.36	38.8353	-122.7763	2870	Normal	1.96	140,49	1294,54
2009	12	26	18	46	32.60	38.8477	-122.7587	1630	Normal	1.85	86,56	611,06
2009	12	26	23	58	31.16	37.2420	-118.2915	7350	Normal	2.22	245,04	1671,02
2009	12	27	18	35	56.93	38.8080	-122.7927	3920	Normal	1.96	65,74	863,78
2009	12	28	6	24	0.23	37.5483	-118.8095	9250	Normal	1.60	28,96	2317,92
2009	12	30	5	54	31.40	37.4260	-121.7705	7690	Normal oblicua	1.70	329,69	2626,03
2010	1	3	20	21	32.61	38.8132	-122.7393	3410	Normal	1.90	258,29	1275,44
2010	1	6	11	36	51.56	35.8920	-121.4002	13840	Normal	1.78	323,56	455,27
2010	1	8	1	6	27.82	38.7902	-122.7455	1870	Desconocido	1.78	312,41	943,44
2010	1	8	1	34	58.22	35.5685	-120.8168	3660	Desconocido	1.85	144,31	395,25
2010	1	8	23	3	50.39	38.8460	-122.7632	2080	Normal	2.62	238,12	1351,35
2010	1	10	4	39	31.02	36.2255	-120.3357	9710	Desconocido	2.04	345,79	571,63
2010	1	11	1	4	14.00	38.8157	-122.7845	2050	Desgarre	1.67	208,10	753,86
2010	1	11	9	18	29.89	36.7533	-121.2697	6930	Desconocido	2.03	87,96	1437,36

2010	1	13	18	30	49.58	38.8020	-122.7368	2170	Normal	2.51	317,12	1160,93
2010	1	14	2	37	58.60	38.8333	-122.7752	2650	Normal	2.06	220,47	2088,88
2010	1	14	7	54	39.88	36.1285	-120.1935	8140	Inversa	1.64	182,09	1131,38
2010	1	14	16	19	48.60	38.4812	-122.7090	6080	Normal	1.99	232,28	1006,59
2010	1	16	7	52	25.01	38.9140	-122.2638	40	Inversa	2.04	162,95	1134,26
2010	1	18	9	28	7.35	36.4980	-121.0762	4850	Normal	2.21	354,55	1197,80
2010	1	20	16	11	28.23	38.8225	-122.8022	3710	Normal	2.03	152,61	1530,19
2010	1	20	18	36	1.45	36.5753	-121.1687	5430	Normal	2.50	223,74	931,21
2010	1	21	14	32	18.28	38.8188	-122.8110	2470	Normal	2.06	91,66	993,64
2010	1	21	23	41	7.55	37.6387	-118.9258	8420	Normal	1.83	358,76	680,50
2010	1	22	14	39	33.72	38.8342	-122.7750	2480	Normal	1.78	92,49	806,58
2010	1	25	10	16	56.85	38.7848	-122.7758	1460	Desconocido	1.66	118,09	773,22
2010	1	28	5	35	32.50	38.8047	-122.7752	870	Desconocido	1.63	313,60	1759,04
2010	1	29	4	34	15.12	35.7287	-121.0723	6940	Desconocido	1.60	116,17	1226,70
2010	1	29	15	22	25.69	37.5203	-119.0612	6100	Normal	1.74	226,21	1322,20
2010	1	30	5	59	36.95	38.7897	-122.7360	2000	Desgarre	2.00	259,22	887,43
2010	2	2	6	24	58.44	36.4973	-120.9947	9130	Inversa	2.40	80,04	795,33
2010	2	4	20	20	21.97	40.4123	-124.9613	23630	Desconocido	5.88	254,94	992,86
2010	2	6	22	57	47.46	36.5998	-121.2005	3240	Desconocido	1.95	252,49	959,60
2010	2	11	1	41	45.02	38.7873	-122.7720	2520	Desgarre	2.05	196,55	1230,94
2010	2	13	13	27	22.33	38.7793	-122.7267	2020	Normal	1.85	155,75	1383,77
2010	2	13	15	43	56.69	35.6275	-121.1660	8350	Inversa oblicua	2.62	89,52	138,30
2010	2	16	9	52	28.44	38.8412	-122.8238	2580	Normal	1.80	4,40	1912,18
2010	2	16	12	11	10.49	35.4977	-121.3610	3210	Desconocido	2.03	49,83	544,64
2010	2	17	20	26	25.03	37.6612	-122.5043	8060	Desconocido	1.75	319,62	1706,20
2010	2	18	12	3	38.84	39.8228	-120.0408	6140	Normal	2.42	62,65	1403,97

2010	2	20	15	2	40.21	38.8317	-122.7608	1400	Normal	1.61	127,65	899,92
2010	2	20	20	14	23.32	38.7767	-122.7197	2300	Normal	1.87	256,40	1540,36
2010	2	21	4	3	42.46	38.8372	-122.8282	2590	Normal	1.86	88,29	1191,25
2010	2	21	20	45	1.32	36.5865	-121.1827	6030	Normal oblicua	2.73	240,77	1257,61
2010	2	24	11	44	59.57	35.6608	-121.0845	8680	Inversa	3.13	336,13	934,27
2010	2	25	2	19	38.06	38.7777	-122.7282	2040	Normal	2.10	264,50	2458,09
2010	2	26	6	2	18.78	36.4085	-120.2462	6210	Normal	1.75	337,19	2020,99
2010	2	26	23	34	13.67	35.3122	-120.8182	6580	Inversa	1.95	340,65	616,36
2010	2	28	3	35	26.35	38.8373	-122.7873	2320	Desgarre	1.82	197,00	1192,65
2010	3	1	13	14	29.90	38.8345	-122.7763	2580	Normal	1.62	125,76	1393,39
2010	3	1	20	57	58.57	38.7695	-122.7218	2040	Normal	1.75	357,10	2363,68
2010	3	2	1	14	24.83	38.8425	-122.7675	2150	Normal	1.68	105,11	1586,30
2010	3	2	8	49	54.02	36.6367	-121.2558	10040	Inversa	1.92	183,07	576,71
2010	3	2	9	44	13.60	40.7192	-124.4990	16390	Normal	2.55	17,41	2098,77
2010	3	2	20	6	52.18	38.8025	-122.8118	3960	Normal	2.85	309,85	2207,13
2010	3	3	2	40	32.30	36.8095	-121.5298	4730	Normal	1.64	155,21	1950,54
2010	3	4	17	47	2.04	38.8418	-122.7605	1240	Desconocido	3.41	217,13	1790,31
2010	3	4	17	59	2.75	38.8350	-122.8097	2780	Normal	1.65	221,53	1737,12
2010	3	5	5	20	5.78	35.7303	-121.1107	6920	Inversa	1.81	357,25	613,46
2010	3	9	0	28	19.27	38.5530	-122.7785	4660	Normal	1.65	261,83	825,88
2010	3	9	5	53	5.38	35.4737	-120.7620	5610	Desconocido	1.88	30,09	295,70
2010	3	10	12	23	18.41	38.8358	-122.8067	2490	Normal	1.65	176,35	1168,13
2010	3	11	1	22	29.10	37.1735	-118.4803	18290	Normal	2.03	240,96	1880,84
2010	3	12	10	23	58.12	40.1865	-121.3310	9010	Normal	3.61	107,39	1887,19
2010	3	12	13	10	25.69	38.8300	-122.7897	2350	Normal	1.98	174,08	1401,55
2010	3	14	6	17	15.24	38.8370	-122.8240	2420	Normal	2.52	319,60	2212,04
2010	3	14	19	13	44.07	39.3217	-122.8297	5230	Desconocido	1.74	324,98	974,16

2010	3	15	8	2	14.56	37.6098	-121.6463	9360	Inversa	1.72	190,78	528,57
2010	3	16	17	49	8.93	38.7788	-122.7572	1580	Normal	1.71	271,24	2107,90
2010	3	16	21	0	10.07	37.2562	-118.3010	10450	Normal	2.59	15,70	2378,00
2010	3	17	15	16	11.58	38.8355	-122.8005	2500	Normal	1.66	186,17	2142,94
2010	3	19	11	13	2.69	38.8267	-122.7585	1340	Normal	2.04	35,08	1182,30
2010	3	19	18	22	52.70	38.8365	-122.8035	2290	Normal	1.78	249,41	1722,10
2010	3	20	2	42	15.62	40.8618	-123.4783	28710	Normal	2.31	114,75	1999,78
2010	3	20	12	29	35.86	38.2733	-119.1038	6530	Normal	1.92	96,68	1116,19
2010	3	21	21	8	44.23	36.6727	-121.2942	3980	Desconocido	2.85	289,67	1019,76
2010	3	23	7	14	55.66	39.5770	-123.4487	5240	Desgarre	2.65	127,61	930,96
2010	3	25	9	14	27.14	38.7707	-122.7440	1420	Normal oblicua	1.97	99,17	1540,93
2010	3	26	8	21	25.27	38.8227	-122.7773	2200	Normal	1.82	74,48	1413,28
2010	3	27	4	31	54.36	38.7590	-122.7007	1430	Normal	1.84	298,81	1469,40
2010	3	28	2	8	19.62	38.0528	-118.7962	11190	Desconocido	1.77	212,18	1160,29
2010	3	28	6	56	32.07	37.4788	-121.7988	9860	Inversa	3.22	191,92	859,09
2010	3	29	6	47	17.50	38.8367	-122.7955	2520	Normal	1.98	326,34	2003,48
2010	3	31	15	46	20.38	37.6288	-119.0163	2500	Normal	1.83	211,89	2093,30
2010	4	1	5	6	38.78	37.4368	-121.7890	6570	Normal	1.60	204,06	621,42
2010	4	1	19	31	34.40	38.8342	-122.7763	2590	Normal	2.29	297,88	2315,39
2010	4	2	3	19	44.14	38.8040	-122.8063	1070	Desconocido	1.93	164,45	1233,25
2010	4	2	17	3	36.54	37.4790	-121.7848	8800	Inversa	2.25	49,35	1075,14
2010	4	3	12	3	19.48	38.7545	-122.7045	2090	Normal	2.02	90,61	661,16
2010	4	3	19	41	6.86	38.8162	-122.8027	2240	Normal	2.03	271,27	1554,43
2010	4	3	20	44	38.82	38.3645	-119.3838	7370	Normal	2.59	308,61	1767,05
2010	4	4	19	54	40.93	37.3827	-121.7365	7260	Desconocido	2.67	253,10	618,71
2010	4	4	20	59	53.26	37.3560	-121.7213	7940	Desgarre	1.82	278,47	666,52
2010	4	4	22	49	17.10	38.8183	-122.7645	1160	Normal	3.23	328,44	917,12

2010	4	5	3	0	28.07	35.9113	-120.4595	9210	Desgarre	2.37	74,92	712,47
2010	4	6	1	19	58.86	36.0572	-120.6313	5230	Inversa	2.42	176,23	507,46
2010	4	6	2	14	35.99	38.8015	-122.8145	3140	Desconocido	2.07	0,86	836,64
2010	4	6	8	3	19.81	39.6210	-122.8327	5820	Normal	2.28	131,18	436,70
2010	4	9	2	25	53.88	37.1752	-118.4918	18080	Normal	2.61	279,58	1374,58
2010	4	10	5	19	19.82	38.8423	-122.8263	2300	Normal	1.70	324,27	1427,51
2010	4	10	12	26	26.49	38.8255	-122.8025	3940	Normal oblicua	3.06	162,93	1112,30
2010	4	12	5	43	45.49	38.7892	-122.7380	1840	Desconocido	1.63	288,61	1001,30
2010	4	16	19	56	17.73	37.7153	-122.1260	8150	Desconocido	1.80	317,68	1459,51
2010	4	17	2	30	21.76	36.6310	-119.2797	23090	Inversa	2.57	327,03	1077,03
2010	4	17	10	9	33.55	38.8367	-122.8278	2760	Normal	2.45	0,09	819,14
2010	4	18	3	31	49.33	39.4102	-122.9452	8410	Normal	1.66	130,59	2515,78
2010	4	19	0	9	6.03	38.8402	-122.8238	2380	Normal	2.02	26,42	1711,16
2010	4	21	0	6	9.79	36.0863	-120.6700	3920	Desconocido	1.94	321,31	356,91
2010	4	21	14	6	21.22	38.7847	-122.7353	1820	Normal	1.82	303,69	821,72
2010	4	22	4	45	26.20	38.8148	-122.7935	3470	Normal	2.14	43,62	1444,06
2010	4	23	11	8	39.77	36.5815	-121.1785	5280	Normal	1.66	191,25	949,46
2010	4	24	8	19	46.93	38.8245	-122.7992	3610	Normal	2.07	83,78	1168,21
2010	4	24	19	1	29.53	38.8218	-122.7855	2430	Normal	1.88	42,46	1985,16
2010	4	25	6	43	41.58	39.0562	-123.1073	6190	Desconocido	2.15	329,59	635,11
2010	4	25	16	32	46.17	37.6187	-119.0353	4800	Desconocido	1.65	323,53	2040,09
2010	4	25	21	24	36.06	39.5522	-121.9697	2440	Normal	2.12	93,34	2348,04
2010	4	26	8	7	45.39	38.8188	-122.8122	2070	Normal	2.02	34,89	1745,17
2010	4	29	16	14	27.52	38.8375	-122.7728	2650	Desconocido	1.97	232,30	1598,87
2010	4	29	16	53	20.34	37.6372	-118.9633	7200	Desconocido	1.61	279,36	1955,10
2010	5	1	0	26	47.04	38.8332	-122.8043	2540	Normal	2.09	79,29	2377,41
2010	5	2	17	53	55.31	38.8233	-122.7778	2110	Normal	2.26	236,19	1611,96

2010	5	3	7	57	44.89	35.6912	-121.0202	6880	Inversa	2.22	70,58	50,68
2010	5	4	21	8	17.73	37.4890	-118.8027	10320	Normal	1.83	292,93	821,07
2010	5	6	3	45	41.79	38.8283	-122.8003	2780	Normal	1.74	38,12	980,73
2010	5	6	12	53	48.72	37.6240	-118.4772	8890	Desconocido	1.86	301,49	331,22
2010	5	8	12	34	45.54	35.8095	-121.3695	3540	Desconocido	1.68	223,14	1201,99
2010	5	8	14	5	31.01	38.8325	-122.8110	2360	Normal oblicua	1.94	258,75	1079,46
2010	5	8	22	52	24.40	38.8218	-122.8077	3340	Normal	2.24	150,59	1253,50
2010	5	10	14	20	4.87	38.8157	-122.7930	3560	Normal	2.27	243,40	1391,35
2010	5	12	12	1	30.89	38.8372	-122.8023	2280	Normal	1.79	148,28	1066,01
2010	5	13	18	4	31.51	38.8125	-122.7953	3370	Desconocido	2.01	305,13	1640,56
2010	5	14	17	35	48.66	37.4177	-121.7683	5630	Desconocido	1.67	280,17	1209,74
2010	5	14	23	45	10.28	39.4422	-122.9683	8560	Normal	2.16	75,90	2946,49
2010	5	15	19	15	47.94	37.7255	-121.9703	6910	Normal oblicua	1.77	302,17	1748,59
2010	5	16	14	12	33.81	38.8263	-122.8085	2250	Normal	2.11	151,65	1031,33
2010	5	18	0	20	4.38	38.8162	-122.8012	3840	Desconocido	2.76	34,78	1046,54
2010	5	18	21	31	42.26	38.8417	-122.8240	2360	Desconocido	1.69	296,08	1379,73
2010	5	20	23	33	45.60	38.8088	-122.7950	3650	Normal	1.75	269,69	886,13
2010	5	21	3	18	45.46	38.7897	-122.7355	2240	Normal oblicua	3.02	10,27	992,37
2010	5	21	13	43	9.11	36.6315	-121.1080	6640	Desconocido	2.46	291,69	866,85
2010	5	22	8	23	6.06	38.8067	-122.7877	1300	Desgarre	1.97	102,75	444,74
2010	5	23	12	0	36.22	37.2082	-122.0680	12440	Inversa	1.75	49,64	631,71
2010	5	23	13	8	36.06	38.8298	-122.8107	2600	Normal oblicua	2.44	237,46	1532,40
2010	5	25	5	2	28.37	38.8028	-122.8002	3280	Normal	2.33	318,88	1011,85
2010	5	27	20	35	14.09	37.4073	-122.2532	8580	Inversa	2.33	200,14	1011,27
2010	5	27	21	51	51.38	38.7493	-122.7285	2050	Normal	1.86	51,34	2670,74
2010	5	28	15	6	56.64	38.8227	-122.7842	2640	Normal	1.78	216,37	2649,07
2010	5	29	12	46	12.90	38.7785	-122.7238	2000	Normal	1.73	133,44	1159,52

2010	6	2	7	1	1.50	37.4753	-118.8127	10240	Desconocido	2.28	251,89	216,75
2010	6	3	5	58	11.53	39.8788	-120.4790	7070	Desconocido	2.35	310,64	336,26
2010	6	3	6	3	35.55	38.8347	-122.7780	2960	Normal	2.07	157,26	1163,87
2010	6	3	11	56	41.84	38.8362	-122.8290	2370	Normal	2.01	314,63	801,99
2010	6	5	12	29	28.74	38.8238	-122.7823	2620	Normal	1.72	275,49	1027,99
2010	6	7	18	0	56.75	38.7820	-122.7258	2120	Normal	1.79	21,60	1829,51
2010	6	7	22	40	25.05	37.6405	-118.9400	8030	Normal	2.75	150,87	1292,05
2010	6	8	11	19	34.42	38.8260	-122.7862	910	Normal	1.81	186,95	1516,48
2010	6	9	14	7	1.83	37.6203	-119.0177	3670	Normal	1.88	251,71	2121,48
2010	6	10	17	38	52.83	38.8015	-122.8142	3460	Desgarre	1.67	315,37	1411,96
2010	6	10	20	33	41.67	37.4948	-121.8092	7440	Desconocido	1.79	33,44	816,86
2010	6	10	21	8	19.65	38.8353	-122.8767	2780	Desconocido	1.66	41,65	1555,77
2010	6	12	6	15	56.15	38.7625	-122.7257	1370	Normal	1.60	328,02	263,78
2010	6	13	2	45	56.69	38.7942	-122.7535	3000	Desgarre	2.56	179,89	1211,29
2010	6	15	1	44	42.60	37.7163	-122.5455	7660	Normal	2.01	101,84	2241,14
2010	6	18	14	8	14.33	38.7693	-122.7132	2050	Normal	2.19	7,74	1014,43
2010	6	24	23	1	8.23	35.6630	-121.0318	6400	Inversa	3.27	274,57	1203,32
2010	6	25	20	26	25.02	38.7562	-122.7372	1110	Desconocido	2.19	15,53	1845,51
2010	6	26	16	32	27.43	35.5170	-120.7987	3550	Inversa	1.65	95,11	1087,20
2010	6	28	23	53	0.31	37.4023	-118.7645	14980	Desconocido	1.78	61,67	1533,68
2010	6	30	22	58	34.60	37.4480	-121.7677	7400	Desgarre	2.89	356,14	747,36
2010	7	1	6	7	15.14	37.7463	-122.5578	7570	Normal	1.64	203,84	1159,03
2010	7	2	20	42	26.47	38.7520	-122.7217	2280	Normal	2.63	250,99	593,68
2010	7	2	22	51	34.47	38.7995	-122.7808	3710	Normal	2.10	319,64	406,11
2010	7	4	9	7	35.41	38.7905	-122.8055	3470	Desgarre	2.93	219,06	603,86
2010	7	6	10	10	24.85	38.7608	-122.7410	1760	Desgarre	1.60	188,57	556,49
2010	7	8	4	25	18.56	35.7870	-121.0845	6160	Inversa	1.87	163,28	195,75

2010	7	10	16	4	30.39	40.4250	-123.5680	31930	Normal	3.81	266,99	2674,96
2010	7	10	17	16	26.99	36.1070	-120.1978	8430	Desgarre	1.67	293,12	1676,69
2010	7	10	21	2	39.00	40.7870	-123.2835	28780	Normal	2.15	39,93	2420,05
2010	7	11	15	42	20.49	38.8103	-122.7403	2780	Normal	1.90	234,88	2698,38
2010	7	11	17	40	17.44	35.4947	-120.7818	3450	Inversa	2.00	122,28	1437,23
2010	7	11	22	24	41.98	38.8357	-122.8080	2700	Normal	1.65	48,47	2707,19
2010	7	17	16	6	4.52	38.7837	-122.7455	1570	Normal	1.91	83,27	1240,97
2010	7	18	8	10	29.91	38.5397	-122.7705	4400	Desconocido	1.99	207,27	1142,68
2010	7	19	12	57	44.49	36.8720	-121.3190	7180	Inversa oblicua	1.96	124,81	518,03
2010	7	19	16	5	17.47	36.8780	-121.4113	8540	Normal	2.11	13,38	1576,70
2010	7	19	19	32	26.09	37.4003	-118.4612	13210	Desconocido	1.88	120,26	616,88
2010	7	20	23	39	47.45	37.5765	-118.8428	3680	Normal	1.97	172,43	1220,06
2010	7	23	21	29	10.10	37.6650	-122.5123	7730	Normal oblicua	3.15	63,92	2031,64
2010	7	24	15	24	58.29	36.1315	-120.1027	8290	Desconocido	1.60	244,07	1399,61
2010	7	27	12	33	36.24	40.3388	-124.3043	28560	Desconocido	2.20	78,87	460,18
2010	7	30	0	49	41.53	38.8115	-122.8273	2470	Normal	1.82	87,96	1392,63
2010	7	31	1	31	57.03	39.3138	-122.8145	10990	Desconocido	3.01	72,20	1192,68
2010	7	31	6	12	20.81	36.4105	-120.2442	6690	Desconocido	1.87	210,94	985,91
2010	8	2	7	53	46.45	36.6617	-121.2910	8660	Desconocido	2.04	233,90	1038,19
2010	8	3	18	39	32.32	36.2482	-120.8153	6960	Desconocido	2.64	115,61	677,14
2010	8	3	19	35	4.84	40.3047	-121.1883	680	Desconocido	2.47	143,02	565,10
2010	8	4	16	45	46.44	39.7220	-122.8285	11330	Normal	2.15	21,35	1545,59
2010	8	5	18	46	52.62	38.7808	-122.7553	1970	Normal oblicua	2.17	45,37	1614,17
2010	8	6	23	8	55.99	38.7502	-122.7423	1950	Normal	1.97	122,07	2052,47
2010	8	8	19	9	10.75	35.5642	-120.8037	4700	Inversa	2.43	179,99	1118,37
2010	8	9	23	36	33.15	38.7532	-122.7167	2270	Normal	2.24	85,52	3050,80
2010	8	10	15	38	46.63	40.6770	-124.2235	15920	Normal	2.04	210,42	2700,13

2010	8	12	5	50	9.52	40.2902	-124.3388	21250	Normal	2.01	254,30	1144,03
2010	8	12	6	39	35.88	38.8377	-122.8297	2470	Normal	1.65	276,62	2022,92
2010	8	13	10	30	16.77	37.6218	-118.8112	7880	Normal	1.73	23,34	1645,10
2010	8	15	11	18	47.91	36.5158	-120.6447	11110	Normal	2.01	335,89	1345,89
2010	8	15	18	51	55.22	38.8187	-122.7658	1390	Inversa	3.33	251,36	710,58
2010	8	16	2	28	35.79	38.8185	-122.8128	2200	Normal	1.63	70,36	547,04
2010	8	16	5	13	14.01	37.6322	-119.0048	4180	Normal	2.88	180,11	1489,35
2010	8	16	18	22	13.28	40.2863	-124.3348	20340	Normal	2.44	50,92	1439,73
2010	8	17	8	44	29.81	38.8222	-122.8850	1880	Normal	2.47	221,66	1116,48
2010	8	20	17	15	37.28	39.6238	-121.9977	22350	Normal	2.65	332,80	1838,97
2010	8	20	19	56	19.56	38.7762	-122.7205	2300	Normal	2.12	38,56	1824,11
2010	8	20	23	33	28.78	38.7852	-122.7395	1770	Normal	1.71	122,92	1627,19
2010	8	21	21	2	35.20	40.6648	-124.1322	25980	Normal	3.18	50,95	1694,26
2010	8	23	1	57	58.45	38.7792	-122.7252	2070	Normal	1.74	167,09	1564,99
2010	8	23	5	18	11.56	38.7857	-122.7337	2050	Normal	2.24	282,49	1464,98
2010	8	26	5	54	47.74	38.8310	-122.7650	1280	Normal	1.64	278,07	1690,53
2010	8	27	7	44	32.49	38.7798	-122.7137	2470	Normal	1.77	304,30	1686,46
2010	8	30	3	11	19.58	38.8330	-122.7762	2200	Normal	1.89	138,69	813,79
2010	8	30	3	25	50.21	39.2403	-120.4903	6220	Desconocido	2.13	151,29	721,08
2010	8	30	11	45	1.78	38.7657	-122.7058	2260	Normal	1.61	20,79	1199,32
2010	8	31	5	24	36.73	38.8353	-122.8095	2430	Normal	1.73	192,90	1357,13
2010	8	31	5	44	58.41	38.8417	-122.8255	2260	Normal	1.88	220,10	1358,04
2010	8	31	7	48	54.02	40.5915	-124.3023	21550	Desconocido	2.67	256,33	1340,07
2010	9	1	4	46	16.54	35.5385	-120.7615	1610	Desconocido	2.15	151,13	460,85
2010	9	1	8	56	6.68	35.9970	-120.5568	10750	Desgarre	2.09	249,22	744,64
2010	9	2	0	33	38.96	38.7720	-122.7130	2210	Normal	2.13	261,76	256,02
2010	9	2	17	17	0.73	36.7572	-121.3535	15030	Desconocido	1.66	46,45	1499,13

2010	9	5	5	7	29.10	37.4925	-118.8390	9020	Desconocido	1.68	14,09	1092,07
2010	9	7	1	40	2.38	38.8245	-122.7640	1480	Normal	1.93	178,71	2879,05
2010	9	7	13	6	56.95	39.2103	-120.0677	7990	Desconocido	2.62	159,65	1098,13
2010	9	8	14	53	12.74	38.7772	-122.7162	2180	Normal	1.63	203,94	2679,30
2010	9	12	17	47	53.56	38.7787	-122.7175	2330	Normal	2.57	181,72	900,50
2010	9	14	12	24	12.34	36.1123	-121.6315	11730	Normal oblicua	2.04	349,11	1312,10
2010	9	19	21	20	21.65	38.8347	-122.8782	2620	Desgarre	1.70	57,08	1275,41
2010	9	19	21	53	5.92	38.7847	-122.7360	1630	Normal	1.65	104,12	1720,38
2010	9	22	23	3	43.94	40.1148	-123.7682	22940	Normal	2.06	87,92	1668,75
2010	9	24	10	52	16.38	38.8105	-122.8273	2640	Normal	1.98	74,57	2403,27
2010	9	25	4	23	26.11	38.8365	-122.8298	2630	Normal	2.02	230,79	2165,85
2010	9	25	7	32	3.63	37.4748	-118.8425	7850	Desconocido	1.71	342,56	1662,70
2010	9	26	16	43	40.50	38.7880	-122.7360	2090	Normal	1.65	199,57	1374,21
2010	10	1	12	35	40.35	35.7275	-121.1043	6310	Inversa	2.22	129,17	713,54
2010	10	2	19	12	36.56	40.4737	-123.9155	28200	Desconocido	2.48	79,66	858,36
2010	10	6	4	1	8.05	37.4880	-118.8437	8860	Normal	1.62	272,01	1785,31
2010	10	10	10	18	13.12	38.0397	-118.7833	9730	Desgarre	2.73	16,47	1988,83
2010	10	10	19	19	21.65	38.8388	-122.8302	2520	Normal	1.86	288,94	834,81
2010	10	12	13	6	24.10	38.7742	-122.7122	2530	Normal	1.71	23,57	1817,91
2010	10	14	11	6	3.33	37.3603	-121.7193	7690	Desgarre	1.74	292,23	474,47
2010	10	14	13	44	40.97	37.2073	-122.1183	12520	Inversa	1.69	179,39	371,65
2010	10	15	16	13	53.04	37.4100	-121.7527	9390	Desgarre	3.00	14,75	687,71
2010	10	15	18	38	29.69	38.7475	-122.6962	1450	Normal	1.67	79,54	1125,10
2010	10	16	1	54	8.00	36.8437	-121.5783	3710	Inversa	2.41	64,27	201,76
2010	10	18	9	28	40.88	38.8445	-122.8255	1630	Normal	1.63	105,45	1180,42
2010	10	18	20	41	41.92	37.6288	-119.0527	3350	Normal	1.66	77,73	1381,77
2010	10	19	11	42	56.17	38.8513	-122.8182	2130	Normal	1.68	144,90	1248,32

2010	10	21	3	5	3.18	37.4723	-118.8433	7480	Normal	1.64	268,56	1499,99
2010	10	22	3	19	40.93	38.7887	-122.7783	4010	Desconocido	1.62	235,89	1354,87
2010	10	24	4	35	24.85	36.0660	-120.0205	9220	Inversa	1.68	77,97	1038,82
2010	10	25	2	20	30.95	38.7733	-122.7205	2560	Desconocido	1.67	207,20	1425,15
2010	10	25	5	39	18.73	38.8320	-122.8783	2990	Desconocido	1.93	272,25	2321,81
2010	10	26	11	6	53.12	35.1448	-120.8463	5110	Desconocido	1.90	41,46	1928,02
2010	10	30	23	36	36.07	37.1353	-121.5630	3920	Inversa	2.32	64,13	266,41
2010	10	31	18	43	57.53	38.3567	-122.5833	9430	Inversa	1.76	272,48	661,97
2010	11	1	13	37	59.72	40.3560	-124.3930	12660	Normal	2.15	274,47	1463,18
2010	11	4	21	7	4.97	38.7873	-122.7372	1900	Normal	1.78	76,28	1769,28
2010	11	7	14	14	58.16	37.8277	-121.9665	7660	Normal	1.92	143,71	2410,34
2010	11	8	17	8	54.72	38.7760	-122.6898	970	Normal	1.69	221,66	604,24
2010	11	10	15	53	38.86	39.6295	-121.9262	21030	Desconocido	2.39	130,84	1725,97
2010	11	11	1	21	40.20	38.8387	-122.8285	2610	Normal	1.71	123,58	482,35
2010	11	15	16	54	45.94	38.7808	-122.7218	2310	Normal	1.64	27,70	533,69
2010	11	16	9	37	41.20	36.7177	-121.1818	5380	Inversa	2.08	307,06	327,26
2010	11	16	10	37	30.91	36.0440	-120.6160	9100	Inversa	1.82	349,58	472,98
2010	11	16	13	32	43.93	37.4140	-118.5720	11660	Desconocido	2.27	278,45	544,80
2010	11	16	15	42	10.01	36.5608	-121.1510	3110	Normal	2.02	317,68	1008,08
2010	11	19	4	32	20.69	38.7823	-122.7227	2280	Normal	1.67	305,06	2250,19
2010	11	20	6	36	28.07	36.2478	-120.3712	10420	Inversa	1.91	173,08	905,15
2010	11	20	7	5	1.05	35.5727	-120.8117	4920	Inversa	2.64	188,14	942,65
2010	11	21	4	41	15.03	38.7873	-122.7737	760	Desconocido	1.78	271,16	1501,97
2010	11	21	7	29	37.77	40.5613	-121.7240	5700	Normal	3.48	0,41	2018,80
2010	11	22	2	49	29.11	36.0187	-120.5825	4930	Inversa	1.72	60,10	1139,55
2010	11	22	15	37	29.34	40.5625	-121.7240	5910	Desconocido	2.38	195,70	899,83

2010	11	23	5	34	44.32	36.6367	-121.2528	6980	Desconocido	1.67	271,56	2372,25
2010	11	25	10	1	0.27	40.6392	-123.2477	32410	Normal	2.81	347,97	1641,76
2010	11	26	9	54	37.62	38.8035	-122.8088	2930	Normal	1.71	322,45	1605,53
2010	11	26	12	4	23.28	36.8463	-121.5788	3700	Desconocido	2.22	200,95	672,59
2010	11	26	23	33	32.06	38.8110	-122.7422	3100	Normal oblicua	2.18	220,70	1350,06
2010	11	29	18	30	41.43	38.4503	-122.7082	3640	Desconocido	2.51	91,96	696,23
2010	11	30	0	20	8.14	40.3693	-124.3460	22810	Normal	2.18	262,26	1450,06
2010	11	30	0	34	45.74	38.7970	-122.7328	1210	Desconocido	1.80	249,95	822,49
2010	11	30	6	23	1.60	36.8573	-121.5903	3910	Desconocido	1.68	86,08	411,61
2010	12	1	20	15	28.12	39.8048	-123.4882	11010	Normal	2.00	114,94	1149,37
2010	12	1	21	39	16.52	38.7582	-122.7180	1430	Normal	1.95	131,79	881,33
2010	12	1	22	27	20.04	41.2648	-123.4613	34680	Normal	2.61	166,22	984,78
2010	12	2	1	21	15.76	38.7753	-122.7315	2700	Desconocido	1.76	235,83	968,06
2010	12	4	8	45	32.28	38.7905	-122.7248	2150	Normal	2.10	39,20	2914,93
2010	12	8	1	28	13.02	38.7757	-122.7203	2350	Normal	2.12	132,38	979,69
2010	12	9	14	41	11.09	37.4550	-118.8367	6630	Desconocido	2.26	130,96	1369,50
2010	12	10	6	27	13.90	37.7398	-122.5697	8670	Normal	1.70	245,44	1454,94
2010	12	11	0	14	48.95	38.7778	-122.7087	2270	Normal	1.93	355,91	862,89
2010	12	12	14	42	21.93	37.3263	-118.6515	16310	Desconocido	2.47	65,72	987,16
2010	12	14	11	36	46.29	37.2980	-122.0958	9090	Desconocido	2.48	107,90	124,76
2010	12	14	22	3	39.99	36.5480	-121.1383	2750	Normal	1.73	206,89	1047,26
2010	12	15	0	2	48.68	38.7145	-122.9253	2840	Desconocido	1.72	240,59	378,90
2010	12	16	0	27	7.83	38.3705	-122.5793	10610	Desgarre	2.58	221,98	451,81
2010	12	16	4	36	42.97	36.2065	-120.1310	8440	Desconocido	1.79	355,20	988,13
2010	12	16	5	9	37.56	40.2853	-124.3477	18640	Desconocido	2.43	3,50	1161,38
2010	12	16	5	14	35.42	36.1847	-120.1423	4730	Inversa	1.81	194,67	833,83
2010	12	17	5	10	42.28	38.7922	-122.7782	4410	Desconocido	1.80	344,95	766,43

2010	12	18	1	28	44.13	38.3615	-119.3845	6400	Desconocido	1.89	238,76	1654,05
2010	12	19	8	14	50.13	37.4357	-118.8508	7510	Desconocido	2.36	49,99	1141,21
2010	12	19	17	28	24.08	37.3567	-122.1172	5340	Inversa	2.99	146,85	232,21
2010	12	20	0	9	36.29	38.7858	-122.7347	2340	Desconocido	1.81	274,32	1775,00
2010	12	20	3	30	41.81	38.1953	-122.2790	11070	Desgarre	2.18	239,20	1273,89
2010	12	20	14	48	13.58	35.5310	-120.8340	8590	Desconocido	1.61	42,90	371,67
2010	12	21	11	55	50.26	37.9795	-122.0547	14860	Desconocido	2.59	105,04	2452,91
2010	12	22	0	6	52.64	38.7517	-122.7092	1740	Normal	1.82	114,22	1187,44
2010	12	24	12	59	19.89	40.5442	-123.8688	25330	Normal	3.69	76,53	1374,23
2010	12	24	13	38	16.07	37.3828	-118.5005	11430	Desconocido	1.89	100,56	2473,60
2010	12	27	12	26	53.22	36.7113	-121.3617	10180	Inversa	1.91	195,96	519,08
2010	12	27	15	34	49.29	38.3685	-122.1770	8670	Normal oblicua	2.04	65,30	792,54
2010	12	29	0	12	57.87	38.7950	-122.7578	2480	Normal oblicua	3.13	275,58	1259,57
2011	1	1	5	28	12.86	38.8158	-122.8143	3590	Desconocido	1.86	334,93	991,52
2011	1	2	23	25	2.18	38.7488	-122.7195	1170	Normal	1.91	191,00	2208,01
2011	1	3	9	14	38.76	36.2357	-120.8093	9990	Desconocido	2.21	48,08	2140,69
2011	1	3	11	25	7.15	38.7610	-122.7185	2090	Desconocido	1.82	83,09	2470,56
2011	1	5	14	43	49.46	34.9560	-121.3735	5560	Desconocido	2.26	134,80	1667,75
2011	1	6	4	47	39.75	38.7610	-122.7168	1500	Normal	1.72	231,61	1718,23
2011	1	7	5	34	31.14	38.8100	-122.8267	2540	Normal	2.24	246,67	2172,61
2011	1	10	4	15	24.67	38.2307	-119.3328	7540	Normal	2.17	162,04	376,72
2011	1	10	22	12	48.79	38.7857	-122.7353	1840	Normal	2.55	300,93	1079,05
2011	1	11	15	24	51.66	35.8492	-121.4752	8700	Normal	1.89	112,27	722,94
2011	1	12	5	9	3.28	36.5367	-121.1208	3420	Normal	2.04	108,36	715,57
2011	1	15	3	41	17.55	38.7468	-122.7030	2010	Desconocido	1.60	325,37	1446,39
2011	1	15	7	40	56.29	38.8013	-122.7350	2450	Normal oblicua	1.86	54,43	1822,89
2011	1	18	4	42	22.41	37.6198	-118.8152	7560	Desconocido	1.95	308,02	2178,07

2011	1	19	15	36	54.16	35.8560	-119.9968	9190	Inversa	2.64	41,32	591,65
2011	1	21	20	0	34.91	38.8395	-122.8295	2490	Normal	2.00	295,89	1664,15
2011	1	22	0	38	16.01	36.6918	-119.3535	27190	Desconocido	2.32	88,02	904,32
2011	1	25	16	5	3.08	39.2187	-123.0880	7570	Desconocido	2.28	51,81	155,11
2011	1	27	4	0	5.38	38.3583	-122.5860	10340	Desgarre	2.82	26,81	1129,49
2011	1	27	7	57	9.96	37.6363	-119.3778	8850	Normal	1.76	126,24	691,08
2011	1	28	2	29	2.63	37.6018	-122.4497	11630	Desgarre	2.48	312,08	825,77
2011	1	28	11	7	35.18	40.3633	-123.9998	27350	Desconocido	1.71	164,87	919,40
2011	1	30	15	45	19.86	35.6995	-121.0255	6440	Inversa	2.54	99,78	236,92
2011	1	31	6	31	51.08	36.2857	-120.4472	9650	Inversa	2.31	176,90	1135,79
2011	1	31	9	17	10.10	37.4877	-121.8347	8890	Inversa oblicua	2.26	214,97	670,35
2011	2	3	21	28	5.84	36.7540	-121.0872	7420	Desconocido	1.68	5,70	521,94
2011	2	8	4	42	42.94	38.8440	-122.8280	2340	Normal	1.77	171,86	1456,54
2011	2	9	23	3	20.96	37.4702	-118.8120	10740	Normal oblicua	2.88	344,00	1058,38
2011	2	10	15	34	18.71	38.7937	-122.7568	3270	Desconocido	2.38	55,74	123,15
2011	2	11	21	39	4.35	38.7885	-122.7263	2130	Normal	1.80	236,95	1114,02
2011	2	12	0	9	1.93	36.8267	-121.5525	4000	Inversa	2.58	124,22	698,83
2011	2	15	9	12	39.12	36.4650	-121.0472	7000	Desconocido	1.62	78,84	1127,40
2011	2	16	10	49	7.86	38.7848	-122.7338	2190	Desconocido	2.23	93,42	2940,37
2011	2	16	12	56	52.47	36.5413	-120.7917	5380	Inversa	2.16	348,51	1200,58
2011	2	18	22	46	55.13	38.7978	-122.7380	1600	Normal	1.75	80,85	1122,76
2011	2	20	21	35	52.98	38.8393	-122.8305	2570	Normal	1.79	349,73	2515,95
2011	2	22	0	44	0.78	38.8353	-122.7777	2860	Normal	2.26	54,89	2050,39
2011	2	22	18	15	0.98	38.7902	-122.7362	2100	Normal	2.01	218,60	1599,25
2011	2	23	2	9	30.71	38.8050	-122.7382	2500	Normal	2.29	64,49	1497,89
2011	2	24	5	50	33.06	38.7777	-122.7243	1860	Desconocido	2.47	128,93	806,16
2011	2	25	9	38	12.20	37.4148	-121.6912	5560	Normal	1.64	154,01	1446,40

2011	2	28	6	39	42.84	38.8347	-122.7742	2730	Desconocido	1.61	8,37	1612,80
2011	3	3	7	59	22.93	35.7212	-121.1463	8380	Inversa	1.83	197,72	811,24
2011	3	6	23	17	53.98	36.2695	-120.8443	7130	Desconocido	1.60	74,58	1689,10
2011	3	10	18	21	56.16	38.8342	-122.8772	2610	Desconocido	1.67	222,67	945,40
2011	3	16	21	15	59.03	36.7752	-121.4402	9000	Inversa	1.92	288,92	460,89
2011	3	17	2	3	12.14	39.4995	-122.9523	10320	Desconocido	2.29	215,10	1791,75
2011	3	18	5	30	0.76	38.7617	-122.7087	2090	Normal	1.67	307,96	1711,44
2011	3	19	10	7	14.81	37.5495	-118.8570	10440	Normal oblicua	2.34	93,69	1473,08
2011	3	23	9	13	54.14	36.8565	-121.5772	5800	Inversa	1.74	160,80	281,56
2011	3	24	18	19	39.47	37.3752	-121.7317	6900	Desconocido	1.74	215,88	1223,64
2011	3	25	17	13	47.13	37.5107	-118.6565	10760	Desconocido	2.81	181,42	743,87
2011	3	26	10	51	32.50	38.7865	-122.7352	2160	Normal	2.00	204,15	143,34
2011	3	28	6	3	47.40	37.3817	-118.3047	10200	Desconocido	2.57	36,42	990,81
2011	4	1	12	38	43.68	37.6130	-118.4178	9010	Normal	2.01	157,56	898,52
2011	4	2	12	32	17.21	38.7490	-122.7125	2330	Normal	1.73	160,07	1480,46
2011	4	6	0	31	46.68	36.0475	-120.6130	9690	Inversa	2.44	281,20	893,04
2011	4	6	5	23	59.36	37.5752	-118.8457	7950	Desconocido	1.99	279,09	528,04
2011	4	7	17	6	47.39	39.2882	-123.2432	6430	Desgarre	2.42	200,46	830,87
2011	4	8	4	28	13.55	38.0768	-121.8650	16120	Normal	1.92	166,58	1191,65
2011	4	11	1	3	46.18	37.5198	-118.8573	9370	Normal oblicua	2.25	349,09	1155,91
2011	4	11	3	51	35.88	38.7867	-122.7780	2930	Desgarre	1.88	48,39	815,08
2011	4	12	2	0	38.96	36.6733	-121.2962	4470	Desconocido	1.64	319,07	529,80
2011	4	12	4	5	14.79	36.7313	-121.3237	9200	Inversa	2.19	203,99	727,36
2011	4	16	14	23	26.58	36.5863	-121.1807	3180	Normal	1.78	218,59	2709,96
2011	4	18	22	47	2.78	37.5245	-118.8267	8510	Desconocido	2.94	76,61	1893,31
2011	4	24	3	53	2.39	37.5663	-121.6907	6950	Desconocido	1.99	65,81	746,59
2011	4	25	8	36	53.77	36.1742	-120.1642	9410	Inversa	2.32	327,37	469,00

2011	4	25	19	43	39.71	35.7712	-121.2953	5470	Inversa	1.62	8,71	328,66
2011	4	28	10	2	3.26	35.5525	-120.7812	4220	Inversa	2.27	326,94	483,83
2011	5	2	22	41	9.73	36.7538	-121.3488	3360	Inversa	2.15	265,74	1191,06
2011	5	3	4	57	42.75	37.6003	-122.4643	8240	Normal	1.77	267,03	1430,14
2011	5	5	17	24	42.72	36.2073	-120.3098	10190	Desconocido	1.83	230,74	336,53
2011	5	6	22	43	41.88	35.6928	-121.0297	7360	Desconocido	1.83	203,32	529,73
2011	5	13	5	14	7.02	38.7792	-122.7257	890	Normal	1.80	348,35	825,59
2011	5	17	9	8	23.66	38.3472	-119.3220	12300	Normal	2.89	43,69	1566,52
2011	5	17	23	48	9.50	36.0058	-120.5748	3270	Desconocido	1.73	102,49	1920,37
2011	5	18	13	58	23.79	35.5448	-120.7623	3990	Inversa	2.03	10,85	1293,60
2011	5	20	22	8	20.11	38.8375	-122.7710	1780	Normal	1.82	349,33	1702,24
2011	5	21	20	9	55.61	35.5052	-121.3233	2880	Desconocido	2.66	273,69	769,78
2011	5	21	23	39	10.38	38.8203	-122.7912	2420	Desgarre	1.84	6,18	1079,50
2011	5	22	23	55	26.86	36.2193	-120.4182	12140	Inversa	1.89	181,96	546,88
2011	5	24	5	17	36.16	37.5410	-118.8667	7720	Normal oblicua	1.79	116,51	955,89
2011	5	24	12	15	17.28	38.6457	-119.5512	2810	Normal	2.02	300,40	599,89
2011	5	25	13	9	2.48	38.7638	-122.7097	1760	Normal	1.66	281,00	973,15
2011	5	26	14	46	19.19	36.7287	-121.3623	5840	Inversa	2.77	141,43	531,19
2011	5	28	8	46	6.54	38.8323	-122.7927	2430	Desconocido	1.61	81,09	406,42
2011	5	30	4	18	29.27	37.5033	-118.8417	9130	Normal	2.49	299,27	597,43
2011	6	1	18	48	51.86	37.3407	-121.8942	10990	Inversa	2.01	155,66	1009,97
2011	6	1	20	55	22.59	37.1218	-118.4423	15290	Normal oblicua	2.05	32,70	2330,63
2011	6	5	0	56	17.96	39.1893	-122.8488	9730	Desconocido	1.84	65,37	1303,52
2011	6	5	18	42	42.82	38.7583	-122.7068	1910	Normal	1.66	272,28	1865,21
2011	6	5	20	13	54.47	38.7505	-122.7240	2420	Normal	1.99	294,94	1102,85
2011	6	7	1	43	17.99	39.2567	-123.1392	9220	Desconocido	2.19	49,68	867,72

2011	6	7	17	42	4.30	40.3805	-124.2420	27440	Desconocido	2.43	122,03	357,44
2011	6	11	14	29	7.36	36.6168	-121.2227	4900	Desconocido	2.02	294,95	2043,45
2011	6	11	14	30	44.95	38.8445	-122.8278	2460	Normal	1.70	287,81	1702,34
2011	6	12	17	7	52.96	37.3742	-121.7318	7350	Desconocido	2.40	337,28	1494,78
2011	6	14	0	53	34.49	37.8833	-118.4640	10430	Normal	1.76	152,29	3021,21
2011	6	14	11	50	31.09	37.3723	-121.7293	8420	Desconocido	1.60	102,24	539,25
2011	6	14	12	27	43.12	35.7277	-121.0988	7350	Inversa	2.08	12,60	1578,08
2011	6	15	16	51	42.64	36.2798	-120.6575	15520	Normal	1.79	288,42	1498,66
2011	6	18	14	34	16.68	37.0633	-119.6982	18010	Inversa	2.19	352,37	624,39
2011	6	19	2	29	54.82	40.1807	-124.2027	5350	Inversa	2.31	293,91	793,07
2011	6	19	20	11	13.42	37.9475	-118.4868	10960	Desconocido	2.53	291,34	1180,72
2011	6	21	7	22	51.56	38.8332	-122.8788	2790	Normal	2.35	200,82	405,05
2011	6	25	10	14	47.46	38.8082	-122.7728	910	Normal	1.94	198,82	1281,31
2011	6	28	0	50	4.30	37.9410	-122.0673	9940	Normal	1.68	169,56	2219,39
2011	6	28	14	10	6.76	35.7543	-120.3188	12330	Desconocido	1.68	244,42	908,60
2011	6	29	17	5	41.92	37.6290	-119.0407	2800	Normal	1.96	306,11	1929,03
2011	6	30	18	2	52.36	38.7775	-122.7270	1910	Normal	1.68	320,00	2087,64
2011	7	3	18	56	55.40	36.6365	-121.1218	11300	Desgarre	3.08	264,49	1249,93
2011	7	6	2	5	31.49	38.4142	-122.6613	10480	Normal oblicua	1.68	69,55	1704,79
2011	7	6	21	26	13.76	38.7907	-122.7293	1980	Normal	1.99	288,76	1137,25
2011	7	8	13	23	17.19	38.7715	-122.7195	2250	Normal	1.72	324,16	1361,01
2011	7	9	15	4	25.62	38.8393	-122.8300	2810	Normal	2.11	341,94	1722,17
2011	7	9	19	44	37.71	38.2810	-119.1010	9410	Normal	2.51	104,65	925,48
2011	7	9	21	19	4.92	36.1912	-120.6367	6440	Inversa	1.70	323,93	649,68
2011	7	10	1	16	14.78	38.7697	-122.7212	1980	Normal	1.84	271,52	412,18
2011	7	14	1	29	43.91	38.8228	-122.7772	2090	Normal	2.03	140,50	2830,13
2011	7	14	15	21	5.24	39.3738	-122.9093	9120	Normal oblicua	2.13	228,51	1907,97

2011	7	14	18	3	3.33	39.1690	-123.0065	3310	Desconocido	1.91	299,13	1165,77
2011	7	15	22	45	32.23	37.5720	-118.8695	4750	Desconocido	1.74	74,42	1284,95
2011	7	16	15	46	12.60	38.8365	-122.8275	2680	Normal oblicua	1.62	202,36	1893,45
2011	7	18	16	36	47.14	36.7473	-121.3438	8840	Inversa	3.17	45,56	754,36
2011	7	20	6	19	36.53	37.6508	-119.0458	3110	Normal	2.02	207,14	1009,26
2011	7	20	21	10	17.55	38.8175	-122.8287	2470	Normal	1.85	305,85	1145,54
2011	7	22	11	19	57.42	37.4792	-118.8393	5050	Desconocido	2.08	330,99	820,09
2011	7	23	11	11	20.30	37.4598	-118.7533	14710	Normal oblicua	2.15	288,43	995,70
2011	7	24	16	20	1.62	38.7788	-122.7177	2600	Normal	1.77	10,77	1379,70
2011	7	25	17	54	20.30	38.7763	-122.7558	960	Desgarre	1.91	22,54	858,33
2011	7	26	6	43	8.46	35.8042	-120.1078	12060	Inversa	1.85	275,78	221,30
2011	7	26	19	3	9.93	38.7565	-122.7210	2040	Desconocido	2.15	27,56	1397,83
2011	7	28	23	16	55.10	37.5305	-118.8278	1590	Normal oblicua	1.62	126,36	2176,70
2011	7	29	22	51	17.43	38.8278	-122.8522	1830	Normal	2.25	85,87	2588,86
2011	7	30	16	52	1.83	39.7867	-123.4572	7270	Normal	2.36	262,43	2213,30
2011	7	30	21	31	26.26	38.7512	-122.7250	2450	Desconocido	1.68	16,69	2008,94
2011	7	31	0	11	38.62	37.6522	-122.5180	8880	Normal	1.60	109,48	2444,54
2011	8	3	18	38	27.71	38.8437	-122.8248	1900	Normal	2.29	218,67	1289,57
2011	8	5	10	6	35.37	36.9510	-121.5697	4050	Normal oblicua	1.71	297,48	1545,96
2011	8	7	0	31	6.44	38.7712	-122.7123	1930	Normal	2.55	113,40	1606,48
2011	8	7	6	35	19.69	37.2283	-119.1150	8260	Normal	1.80	176,78	883,38
2011	8	7	8	25	38.65	35.8952	-119.9763	4270	Normal oblicua	2.84	193,88	1184,48
2011	8	7	16	19	11.13	38.8265	-122.8498	1600	Normal	1.63	14,84	1795,43
2011	8	7	17	50	22.88	37.7047	-122.5188	6510	Desgarre	2.07	55,34	1053,18
2011	8	9	2	25	8.58	38.8252	-122.8645	2380	Normal	2.17	267,42	318,64
2011	8	9	17	47	30.57	38.7745	-122.7200	2200	Normal	2.60	356,04	1703,43
2011	8	10	1	49	9.96	36.7000	-121.3303	6900	Inversa	2.85	0,82	206,29

2011	8	10	12	31	49.06	38.8393	-122.8270	2430	Normal	1.75	219,07	2201,18
2011	8	11	7	47	48.68	37.3782	-119.0368	10920	Normal	2.51	31,44	1375,14
2011	8	11	21	22	6.32	36.7007	-121.3327	6760	Inversa	1.80	244,98	1069,58
2011	8	14	4	56	21.32	38.8248	-122.8540	2480	Normal	1.64	232,11	1166,81
2011	8	18	21	42	25.21	38.7472	-122.7382	2050	Normal	1.75	359,14	582,94
2011	8	19	5	26	33.00	38.7530	-122.7285	1950	Desconocido	1.94	206,64	951,91
2011	8	20	15	33	19.07	38.7848	-122.7243	2100	Normal	2.00	101,11	762,15
2011	8	22	21	26	10.54	40.8282	-123.8932	22890	Desgarre	1.84	155,04	623,59
2011	8	23	15	25	44.81	35.9898	-119.9760	1020	Desgarre	1.78	338,17	476,83
2011	8	23	15	47	51.65	38.7618	-122.7340	1770	Normal	2.38	346,52	1068,33
2011	8	24	22	38	41.02	35.8003	-121.2655	7100	Inversa	1.71	309,25	726,71
2011	8	26	19	47	52.96	37.5435	-118.6278	11680	Desconocido	2.50	39,94	2245,81
2011	8	27	7	58	4.43	38.7762	-122.7273	1990	Normal	1.83	37,69	1835,23
2011	8	28	11	10	27.36	37.5277	-118.9863	5010	Normal	1.60	104,77	1536,87
2011	8	29	8	4	7.24	39.4523	-122.9635	7020	Normal	2.30	339,97	2104,34
2011	8	29	17	20	8.25	37.4947	-118.8418	9470	Desconocido	2.33	296,85	1606,00
2011	8	30	8	24	9.07	35.0785	-120.8582	10890	Normal	1.72	5,05	1354,76
2011	8	31	1	22	23.43	35.7322	-121.1108	7160	Inversa	3.56	318,09	880,46
2011	9	2	4	13	17.74	35.7580	-120.3347	7940	Desconocido	1.76	163,63	859,39
2011	9	5	15	43	58.88	40.5742	-123.9295	24820	Normal	2.49	5,26	1658,24
2011	9	5	16	29	4.31	36.6695	-121.2915	4330	Desgarre	1.79	26,85	490,10
2011	9	8	9	3	26.15	37.4893	-119.0005	4500	Normal	1.66	99,49	1092,11
2011	9	8	22	7	28.35	37.7135	-122.5498	6840	Normal	2.07	104,71	2192,16
2011	9	9	21	3	40.82	38.7955	-122.8102	3430	Normal	1.85	48,46	841,72
2011	9	9	23	54	20.47	37.5105	-118.8318	6300	Normal	2.06	157,45	1797,11
2011	9	11	22	29	13.70	40.1195	-121.0228	4420	Normal	2.00	74,38	1528,24
2011	9	13	10	32	49.23	37.4925	-119.0023	5060	Normal	2.32	68,16	2184,25

2011	9	13	12	27	13.81	35.7305	-121.1092	8030	Inversa	3.56	310,66	969,14
2011	9	14	5	47	57.29	40.2910	-124.3325	20640	Desconocido	2.00	282,07	1669,82
2011	9	21	12	1	51.94	35.7245	-121.1052	8000	Inversa	2.17	107,17	662,30
2011	9	21	18	55	7.97	38.7688	-122.7112	2070	Normal	1.86	72,44	1274,32
2011	9	21	19	7	55.09	36.4473	-120.6467	15640	Normal	1.66	87,96	814,13
2011	9	24	11	15	46.73	37.4803	-118.8350	4700	Normal	1.81	173,50	1795,42
2011	9	26	3	11	40.29	37.7248	-122.5632	8530	Normal	2.28	250,75	2426,13
2011	9	26	10	40	33.51	37.4665	-118.8322	4540	Desconocido	2.87	133,27	1147,33
2011	9	26	23	47	58.05	35.7392	-121.0712	6490	Inversa oblicua	2.10	345,09	540,85
2011	9	27	14	55	40.36	37.5368	-118.8623	8880	Desconocido	1.81	235,34	1021,73
2011	9	29	13	39	48.14	36.6593	-121.2862	8340	Inversa	2.67	307,08	1145,42
2011	9	30	10	35	11.96	36.4510	-120.8657	14300	Normal	2.00	15,05	2179,33
2011	9	30	11	56	22.71	37.6427	-119.4160	1900	Inversa	3.17	245,22	1085,71
2011	10	1	14	20	14.00	36.7708	-121.4150	9150	Desconocido	1.64	110,69	578,10
2011	10	2	11	6	9.56	37.6415	-119.4145	2760	Normal	2.33	352,08	1782,10
2011	10	2	13	30	21.49	38.7783	-122.7553	1370	Normal oblicua	2.32	40,79	1585,29
2011	10	3	5	46	28.17	36.6002	-121.2057	6840	Desconocido	1.60	188,19	1086,03
2011	10	3	11	9	42.58	39.7560	-123.1280	5810	Inversa	2.10	137,72	751,42
2011	10	4	9	29	21.67	38.7495	-122.7288	1940	Normal	2.28	229,48	794,97
2011	10	4	14	22	24.64	37.4535	-118.6627	13890	Desgarre	1.78	350,98	905,31
2011	10	4	19	3	41.93	38.8260	-122.8530	2450	Desgarre	1.91	90,82	903,63
2011	10	6	23	7	39.17	40.1113	-120.9577	10530	Desconocido	2.29	167,76	1555,18
2011	10	7	5	33	32.69	36.5795	-121.0880	5170	Desconocido	1.70	329,93	630,91
2011	10	7	10	55	23.12	37.4960	-118.9915	4800	Normal	1.69	167,90	1040,49
2011	10	9	3	7	28.20	35.2295	-120.6948	7930	Inversa	1.77	88,97	505,67
2011	10	11	12	39	13.07	39.7210	-123.1628	1910	Normal	2.12	144,01	1538,21

2011	10	15	11	42	29.87	37.9068	-118.5632	9450	Normal	4.03	69,20	2161,18
2011	10	16	9	48	16.60	40.1247	-122.8780	46290	Normal	2.17	349,97	1332,23
2011	10	18	10	24	27.27	37.6015	-122.0087	2740	Desgarre	1.88	324,94	888,51
2011	10	19	2	6	9.99	38.7863	-122.7455	1550	Normal	1.95	60,30	293,93
2011	10	21	8	41	55.47	38.2625	-119.0332	10540	Normal	2.14	152,48	776,57
2011	10	21	16	22	43.48	38.1860	-119.1480	8890	Desconocido	2.91	8,83	1061,16
2011	10	22	2	54	22.71	35.7693	-121.2282	7040	Inversa	1.80	133,10	440,78
2011	10	28	2	12	18.70	37.4258	-119.0122	8020	Desconocido	1.79	179,52	1499,61
2011	10	28	5	25	12.05	35.7045	-120.3203	12840	Desconocido	1.73	265,28	2638,08
2011	10	28	5	36	49.36	38.8222	-122.7863	2390	Normal	1.96	274,18	3055,41
2011	10	29	21	32	37.37	36.4868	-120.8663	14540	Normal	1.74	9,00	627,66
2011	10	30	2	13	35.78	36.5592	-121.0247	8900	Desconocido	1.94	80,76	316,74
2011	10	30	13	26	43.85	35.9403	-120.0328	8350	Inversa	3.45	261,97	914,27
2011	10	31	10	12	51.70	38.7465	-122.7005	1840	Desconocido	1.75	330,96	1055,37
2011	10	31	12	57	35.65	38.7673	-122.7125	2310	Normal	1.74	39,14	1319,57
2011	11	4	15	36	58.82	38.7777	-122.7322	1740	Normal	1.83	333,52	942,01
2011	11	5	13	59	38.91	40.0868	-123.6818	20990	Normal	2.03	278,01	588,15
2011	11	6	23	15	8.16	40.1177	-122.7502	10870	Desconocido	2.74	150,42	965,85
2011	11	7	18	27	32.84	37.1003	-121.8030	5380	Inversa	2.59	199,14	439,15
2011	11	8	4	52	42.74	38.7798	-122.7152	2470	Desconocido	2.10	296,35	1143,51
2011	11	8	9	38	19.39	39.7232	-123.4988	10360	Normal oblicua	1.90	85,56	2096,36
2011	11	9	1	7	50.25	37.4753	-118.8425	7870	Normal	1.82	210,64	1279,99
2011	11	9	16	17	22.69	37.3772	-119.0343	9790	Normal	2.08	263,25	1571,17
2011	11	11	11	39	31.26	39.5737	-120.3847	30850	Desgarre	2.08	125,19	958,29
2011	11	12	2	7	56.65	40.3572	-122.0962	12350	Normal	2.23	188,88	1475,27
2011	11	14	3	45	6.82	37.4667	-118.8272	5430	Desconocido	1.60	207,19	1520,67
2011	11	14	8	25	56.88	36.7135	-120.7398	30	Desgarre	2.56	314,83	866,83

2011	11	16	16	51	50.72	37.5790	-118.8497	4840	Desgarre	1.77	155,03	1059,73
2011	11	17	13	22	34.95	36.5567	-121.1538	7380	Desconocido	1.65	19,56	777,28
2011	11	17	15	36	39.48	40.8343	-124.2787	20600	Desconocido	2.76	64,81	449,62
2011	11	17	20	45	45.32	35.5228	-120.8263	6520	Inversa	2.07	23,99	215,75
2011	11	21	13	21	40.84	38.8348	-122.7757	2830	Normal	1.71	219,07	1447,89
2011	11	22	18	3	10.09	38.7798	-122.7302	1740	Normal	1.97	320,03	1380,45
2011	11	24	16	25	34.32	37.3465	-122.1988	10220	Inversa	2.47	63,28	294,67
2011	11	26	19	2	2.53	38.7557	-122.7060	530	Normal	1.89	246,57	599,44
2011	11	27	15	55	38.63	38.6972	-122.7497	6270	Desconocido	2.07	167,81	2515,74
2011	11	30	5	51	4.70	37.4677	-118.3978	11770	Desconocido	2.24	197,67	785,15
2011	12	1	21	49	50.44	38.7710	-122.7142	3160	Normal	2.58	240,19	553,27
2011	12	5	10	3	10.33	37.5978	-118.4787	9870	Normal	2.40	144,16	1125,52
2011	12	6	1	42	20.31	38.7750	-122.7268	1940	Normal	2.83	249,11	1198,80
2011	12	6	11	55	52.74	38.7527	-122.7215	2220	Desconocido	2.06	169,60	1441,00
2011	12	8	6	39	32.85	40.4265	-123.3597	25530	Desconocido	1.89	352,21	772,63
2011	12	9	3	4	13.77	38.7902	-122.7260	2210	Normal	2.29	247,04	2356,01
2011	12	12	12	49	47.58	38.7858	-122.7282	2070	Normal	2.32	89,57	2661,73
2011	12	15	11	21	44.94	39.5913	-123.3988	11310	Desconocido	2.30	0,61	1413,70
2011	12	15	12	26	2.61	40.4875	-124.4245	22750	Normal	2.41	39,35	1348,26
2011	12	16	10	28	9.57	38.7663	-122.7123	2320	Normal	1.96	317,82	1271,58
2011	12	19	21	18	9.40	38.8358	-122.7762	2970	Normal	1.83	173,83	1036,83
2011	12	21	5	28	9.39	37.4775	-118.7280	3470	Normal	1.94	7,67	1706,34
2011	12	23	9	53	10.29	40.1018	-123.7883	20410	Normal oblicua	2.01	72,39	2480,78
2011	12	23	23	5	8.70	37.4657	-118.8282	5370	Desconocido	1.61	187,11	597,18
2011	12	25	7	5	28.82	37.5350	-118.8608	8990	Normal oblicua	1.90	339,61	2547,50
2011	12	25	7	46	36.01	38.7602	-122.7167	1720	Normal	2.09	338,20	2740,01
2011	12	29	4	9	15.83	39.3915	-122.7212	1470	Normal	2.40	149,83	548,82

2011	12	29	18	17	33.19	36.1020	-120.6825	3310	Desconocido	1.64	211,11	860,03
2011	12	30	22	25	40.90	39.5730	-120.3962	31640	Inversa	2.15	127,34	356,85
2012	1	1	17	22	8.23	37.5747	-119.0122	2280	Normal	2.25	108,86	579,20
2012	1	2	3	0	34.30	36.0327	-119.8898	7970	Desconocido	1.78	357,05	1079,73
2012	1	3	4	32	12.49	37.5768	-118.8600	7870	Desconocido	1.60	13,81	510,08
2012	1	5	12	16	40.70	37.3752	-119.0350	10370	Desconocido	2.98	173,74	1280,80
2012	1	6	10	49	33.90	40.2073	-121.1333	4060	Desconocido	2.59	103,77	1851,13
2012	1	7	8	18	39.48	38.8238	-122.8538	2340	Desconocido	1.84	34,06	1375,28
2012	1	13	18	7	34.56	37.4995	-118.8392	8420	Normal oblicua	2.76	222,71	1459,36
2012	1	15	18	20	41.70	36.1837	-120.3032	10720	Normal oblicua	1.65	169,92	820,77
2012	1	15	22	57	23.76	37.4317	-121.7760	8750	Desconocido	2.11	292,83	968,50
2012	1	17	0	36	49.42	37.3040	-122.1662	6340	Inversa	1.66	123,65	844,60
2012	1	17	1	57	53.17	37.1603	-118.6500	9740	Desconocido	1.81	340,36	940,36
2012	1	18	15	55	49.58	37.4878	-118.8453	6360	Desconocido	2.14	129,04	1393,62
2012	1	21	21	6	8.39	37.4875	-118.8408	4910	Normal	2.94	87,11	1489,63
2012	1	31	5	46	43.38	38.5330	-119.5155	6970	Normal	2.01	101,86	662,68
2012	2	3	0	9	21.08	37.2905	-121.6673	6420	Desconocido	1.77	205,33	678,44
2012	2	3	5	8	3.49	36.4760	-121.0518	4580	Desconocido	2.08	350,93	1276,26
2012	2	4	5	4	56.62	38.7803	-122.7183	2160	Normal	2.15	336,69	1510,79
2012	2	5	0	41	56.19	36.2092	-120.7790	9590	Inversa	2.56	37,23	1216,24
2012	2	6	12	10	49.00	38.7595	-122.2800	10030	Normal	1.92	110,96	2552,96
2012	2	6	12	31	53.24	38.7692	-122.3038	13990	Normal	2.07	120,74	2140,03
2012	2	8	6	38	11.50	36.5508	-121.1337	8820	Desgarre	2.31	283,16	1340,21
2012	2	10	20	41	56.91	35.5212	-120.8247	5920	Inversa	2.17	151,77	891,91
2012	2	11	1	20	22.61	36.6002	-121.2107	8600	Inversa	1.72	287,34	804,76
2012	2	13	21	7	2.77	41.1432	-123.7903	28240	Normal	5.60	259,56	1592,32
2012	2	14	21	59	25.45	37.5328	-118.9190	9540	Desconocido	2.89	255,58	593,69

2012	2	14	23	55	51.66	38.7993	-122.7340	2550	Desgarre	2.01	292,79	962,12
2012	2	15	0	11	17.80	38.7982	-122.8135	3940	Desgarre	1.67	301,93	1238,64
2012	2	16	5	32	49.80	37.3442	-121.7073	8460	Desconocido	2.18	31,07	701,47
2012	2	16	5	34	49.81	38.7932	-122.7492	4200	Desgarre	2.00	24,64	1289,87
2012	2	16	10	35	27.95	38.7872	-122.7782	1550	Normal	2.81	137,92	1916,96
2012	2	18	3	37	27.02	35.8020	-121.4185	9480	Inversa	2.67	122,63	1014,19
2012	2	21	1	45	14.89	38.7628	-122.7338	1590	Normal	1.90	194,13	2260,37
2012	2	21	8	46	14.97	37.7542	-122.5697	9190	Desconocido	2.17	20,30	1180,41
2012	2	24	7	49	56.82	37.6730	-122.3647	10420	Desconocido	2.35	292,11	1106,79
2012	2	27	20	4	42.70	37.8418	-121.9102	10380	Desconocido	2.89	262,97	884,27
2012	2	28	16	8	32.43	39.3958	-122.8507	12220	Desconocido	1.73	145,33	323,16
2012	2	29	5	0	33.00	41.1427	-123.7933	31370	Normal	3.73	144,49	1159,88
2012	3	3	3	22	42.53	38.8182	-122.7828	2210	Normal	2.46	315,47	977,77
2012	3	4	4	32	24.50	35.9765	-120.5342	10890	Desconocido	1.90	322,20	711,45
2012	3	11	23	21	29.17	38.7487	-122.7418	1980	Normal	1.80	26,12	1289,98
2012	3	12	4	39	46.36	36.6962	-120.8263	8950	Inversa	1.67	331,55	860,58
2012	3	12	16	30	9.57	38.7693	-122.7123	2130	Normal	2.81	175,39	895,73
2012	3	12	22	2	3.22	38.6113	-121.8460	14500	Normal	2.21	328,41	1813,92
2012	3	14	23	25	45.77	37.5218	-121.8480	7970	Desconocido	1.67	328,61	976,23
2012	3	16	1	40	21.03	37.1577	-118.6543	10470	Desconocido	2.25	303,48	637,98
2012	3	16	2	56	49.65	38.0737	-122.2303	7480	Desgarre	2.48	322,63	564,98
2012	3	16	3	37	22.77	38.8425	-122.7697	1620	Normal oblicua	1.95	347,33	1205,32
2012	3	17	4	24	39.62	37.1598	-118.6588	7960	Desconocido	1.70	339,68	458,79
2012	3	17	6	26	6.06	35.4910	-120.7780	4560	Inversa	2.46	217,26	613,27
2012	3	21	6	22	0.29	38.8370	-122.7755	2880	Normal	2.00	304,14	1675,46
2012	3	21	6	42	41.62	38.7530	-122.7228	2200	Normal	2.91	315,50	1858,33
2012	3	21	15	33	47.75	38.7850	-122.7220	2260	Normal	1.80	223,72	1032,87

2012	3	23	5	47	43.34	38.8342	-122.7762	3120	Normal	1.62	257,46	1649,18
2012	3	25	19	8	11.06	35.7302	-121.1087	7280	Inversa	1.81	122,03	957,94
2012	3	26	3	37	24.28	38.8405	-122.8272	2550	Desconocido	1.70	163,27	2035,62
2012	3	26	9	34	24.17	38.8363	-122.8073	2490	Normal	1.80	354,71	902,91
2012	3	26	21	32	31.52	38.7445	-122.6922	1370	Normal	1.76	335,20	1331,14
2012	3	27	22	33	44.93	38.8387	-122.8398	2140	Normal	1.88	353,49	1670,28
2012	3	28	23	4	42.67	35.5343	-120.8285	4950	Inversa	2.09	166,96	670,37
2012	3	28	23	51	3.33	37.6383	-121.6917	5190	Desgarre	1.77	2,28	999,24
2012	3	30	1	50	39.31	38.7620	-122.7123	1760	Normal	2.42	17,16	1078,26
2012	3	30	21	43	37.46	36.6463	-121.2635	6040	Desconocido	1.75	231,16	553,19
2012	4	1	2	20	22.77	38.7705	-122.7180	2430	Normal	1.84	311,19	1200,54
2012	4	3	3	39	13.16	38.7760	-122.7263	1830	Normal	1.84	308,99	1739,56
2012	4	6	0	37	58.77	36.6633	-121.2947	7640	Inversa	1.83	312,43	750,83
2012	4	6	19	16	46.66	40.9028	-122.4115	15720	Desconocido	2.24	350,47	2368,58
2012	4	9	19	57	8.78	38.7777	-122.7207	1830	Normal	1.85	294,01	1800,36
2012	4	10	14	31	24.04	36.2678	-120.7873	6770	Inversa	2.03	329,80	323,66
2012	4	22	22	25	41.67	38.7892	-122.7338	2230	Normal	2.46	40,61	2315,67
2012	4	24	0	53	33.62	36.1835	-120.3012	11700	Inversa	1.65	282,73	1127,52
2012	4	27	4	51	26.22	35.7262	-121.1028	8060	Inversa	1.89	315,70	650,97
2012	4	28	2	29	46.06	38.7470	-122.7080	2060	Normal	2.38	48,23	1235,12
2012	4	30	1	59	35.90	36.0492	-120.6175	9290	Inversa	1.75	157,78	517,73
2012	5	2	23	1	27.97	37.6615	-118.8480	6540	Desconocido	2.06	168,65	1653,16
2012	5	4	3	37	30.96	38.7568	-122.7262	2160	Normal	2.30	252,09	2026,47
2012	5	5	16	33	49.66	39.5118	-123.3368	7710	Desconocido	2.29	263,99	1838,89
2012	5	8	4	54	55.52	38.8938	-123.0380	1660	Inversa	1.64	347,89	1076,27
2012	5	9	18	38	41.31	36.2848	-120.4147	10100	Inversa	1.62	69,06	1008,44

2012	5	11	1	17	24.57	36.6755	-121.3007	3850	Desgarre	1.96	35,61	1236,00
2012	5	14	12	6	10.90	36.5362	-121.0060	9250	Desconocido	1.92	198,36	318,23
2012	5	15	12	51	6.13	37.3710	-119.0322	10130	Desconocido	1.68	242,31	1366,51
2012	5	18	19	33	53.19	40.7487	-122.3143	3480	Normal	1.97	13,26	2466,71
2012	5	19	1	15	29.45	39.0060	-122.5235	910	Desconocido	2.05	161,17	2428,97
2012	5	23	15	26	55.45	37.4963	-121.7755	8240	Desconocido	1.79	192,91	1970,48
2012	5	23	20	19	13.90	40.6093	-124.0552	19910	Normal	2.73	322,90	2107,67
2012	5	27	14	24	28.36	35.8045	-121.4237	9770	Inversa	1.77	251,32	207,11
2012	5	29	5	15	19.41	37.3763	-119.0372	11180	Normal	1.81	81,91	1183,68
2012	5	30	0	19	11.52	39.0837	-123.1408	6130	Normal	2.35	250,21	395,97
2012	6	3	19	55	51.27	36.5930	-121.1278	11740	Desgarre	2.55	0,09	1618,09
2012	6	5	17	28	12.70	40.4017	-124.6468	23730	Desconocido	2.63	279,52	1497,90
2012	6	6	0	2	13.62	36.2813	-120.8602	9620	Desconocido	2.61	81,97	2053,35
2012	6	6	6	15	36.74	35.5585	-120.7818	4630	Inversa	2.19	59,23	284,89
2012	6	7	13	8	23.94	40.3462	-122.0665	12240	Desconocido	2.02	69,98	543,09
2012	6	8	20	28	11.71	36.6772	-121.2888	11460	Inversa	2.03	118,05	781,72
2012	6	12	10	40	21.24	41.2732	-123.4682	40560	Desconocido	2.95	232,90	677,76
2012	6	13	13	25	3.46	40.8707	-123.4683	23820	Normal	3.40	269,39	859,95
2012	6	13	18	55	6.95	35.5122	-120.2540	14480	Normal	1.75	51,95	1061,72
2012	6	15	23	11	4.26	38.7600	-122.7133	1450	Normal	2.20	135,61	1916,33
2012	6	19	19	14	46.89	37.3030	-122.1123	8400	Inversa	2.72	156,96	1110,58
2012	6	20	18	52	51.28	38.7488	-122.7120	2410	Desconocido	2.04	312,11	2091,01
2012	6	28	19	23	59.79	38.7715	-122.7243	2010	Normal	2.19	74,13	1899,88
2012	6	29	11	39	55.38	36.5872	-121.1833	3900	Normal	1.96	222,95	1919,49
2012	6	29	13	8	22.59	40.2773	-123.6645	28540	Normal	2.13	256,76	1023,36
2012	7	3	1	0	51.29	40.7445	-120.8625	9380	Normal	2.58	138,66	3081,16

2012	7	3	23	28	29.37	38.7877	-122.7347	2010	Normal	2.03	78,12	2767,91
2012	7	4	18	9	18.92	35.7087	-121.1112	9640	Inversa	2.05	115,29	1466,73
2012	7	4	18	13	21.32	38.8375	-122.7740	2340	Desconocido	1.70	287,18	2911,52
2012	7	4	22	42	15.48	35.7245	-121.1068	6630	Inversa	2.36	229,51	1163,41
2012	7	6	2	1	39.91	38.8315	-122.7980	2550	Normal	2.42	105,25	2532,61
2012	7	6	2	16	6.84	39.3770	-122.9088	10160	Desconocido	2.18	131,81	1048,17
2012	7	7	14	40	37.08	37.1167	-121.5237	6950	Inversa oblicua	2.65	2,14	436,25
2012	7	10	8	4	58.43	36.5492	-121.1445	6590	Desconocido	1.63	217,04	808,00
2012	7	12	2	56	32.42	39.9038	-120.7828	6140	Normal	2.55	130,75	1109,50
2012	7	14	13	0	20.64	38.8302	-122.8657	2800	Normal	2.19	238,11	1663,01
2012	7	15	17	10	24.93	38.8272	-122.8528	2210	Desconocido	1.86	322,74	1302,53
2012	7	15	20	0	31.76	35.9707	-120.5298	6900	Desconocido	1.68	48,25	1766,37
2012	7	16	18	46	25.50	38.7608	-122.7228	1960	Desconocido	2.16	352,72	1595,58
2012	7	20	3	25	19.66	40.3525	-124.1857	28730	Desconocido	2.11	321,26	722,89
2012	7	23	2	40	7.89	38.7865	-122.7282	1850	Normal	1.83	109,06	1681,84
2012	7	24	21	20	52.85	37.4842	-118.8378	7870	Desconocido	1.99	323,48	518,09
2012	7	25	8	53	23.39	38.8355	-122.7548	1050	Normal	1.81	247,84	1511,69
2012	7	26	0	39	3.49	38.7882	-122.7705	4080	Normal	2.25	321,42	410,57
2012	7	27	16	58	47.38	36.1752	-120.3072	10350	Inversa	2.23	213,84	633,11
2012	7	27	21	15	49.18	40.7508	-122.3158	2770	Inversa	1.79	287,88	919,59
2012	7	28	12	9	29.92	38.7922	-122.7275	2020	Desconocido	1.79	238,47	1659,51
2012	7	29	21	32	47.91	38.8067	-122.7788	1460	Normal oblicua	2.03	94,19	2323,98
2012	7	31	9	52	0.21	35.9485	-119.8922	1550	Normal	1.79	106,09	1689,51
2012	7	31	22	24	32.01	38.8372	-122.8278	2740	Normal	2.08	74,21	2507,57
2012	8	1	7	12	0.59	36.2378	-120.2772	11880	Inversa	2.79	181,69	944,06
2012	8	2	12	37	15.05	38.7053	-122.4248	8130	Inversa	1.77	340,76	344,94
2012	8	5	19	51	5.00	36.5448	-121.1352	6040	Desconocido	2.14	274,11	407,59

2012	8	8	1	22	47.94	37.3828	-118.4553	13950	Desconocido	2.43	65,05	944,79
2012	8	8	7	6	50.27	35.5240	-120.8197	5320	Inversa	1.62	51,01	475,45
2012	8	8	13	59	5.14	38.8127	-122.8222	2510	Normal	1.78	44,77	979,79
2012	8	11	14	17	30.76	35.9393	-120.4933	10860	Desgarre	1.71	304,92	621,13
2012	8	12	11	56	18.13	37.5087	-118.9972	5520	Normal	1.72	226,28	1202,63
2012	8	18	17	23	54.33	37.8268	-121.7747	15970	Inversa	1.81	92,33	718,24
2012	8	18	21	44	56.47	39.4033	-122.9012	11260	Desconocido	1.63	11,55	2094,87
2012	8	19	17	52	2.38	38.4182	-122.2528	6220	Desconocido	2.01	245,04	1411,96
2012	8	21	16	28	42.35	37.4820	-118.8378	4450	Normal	1.76	179,86	2114,97
2012	8	21	17	21	51.86	38.3238	-122.6273	5620	Inversa	2.02	21,62	722,99
2012	8	24	12	40	10.18	38.5272	-122.4282	13670	Desgarre	1.99	342,26	993,88
2012	8	26	16	15	10.63	38.7483	-122.7082	2490	Normal	1.69	349,02	1942,14
2012	8	28	1	56	25.85	39.3673	-122.9072	9240	Normal	1.64	206,85	1024,11
2012	8	30	6	8	24.21	38.7607	-122.7498	1090	Normal	1.92	311,41	1712,37
2012	8	31	0	20	36.00	38.7665	-122.6992	2290	Normal	1.60	119,87	1593,91
2012	8	31	16	45	11.22	38.9688	-122.1080	15500	Normal	1.95	272,02	2448,46
2012	8	31	20	15	17.97	36.3943	-120.3605	11720	Inversa	1.91	189,36	1056,75
2012	8	31	23	11	56.11	36.3990	-120.3473	13440	Desconocido	2.40	73,15	1068,21
2012	8	31	23	20	15.06	40.9627	-121.6858	12930	Desconocido	2.72	103,51	1274,32
2012	9	2	14	11	55.62	37.4792	-118.8352	4700	Normal	1.91	175,37	1179,42
2012	9	5	11	35	26.53	37.5330	-118.8243	6870	Normal	2.62	42,23	995,00
2012	9	5	16	7	9.70	40.0313	-123.7613	17040	Desconocido	1.90	165,39	770,57
2012	9	5	23	31	9.93	35.5198	-120.7957	3010	Inversa	1.60	228,96	316,71
2012	9	7	10	45	8.48	36.6208	-121.2297	5700	Desgarre	2.07	323,57	773,71
2012	9	7	15	19	26.20	37.2480	-121.6288	4530	Desconocido	1.75	83,59	504,38
2012	9	7	17	41	1.63	40.2940	-124.3695	17400	Normal	2.27	58,20	1137,11
2012	9	8	8	39	23.10	36.2965	-120.3080	7830	Inversa	2.66	64,45	538,20

2012	9	9	13	27	29.59	36.6282	-119.2142	25140	Inversa	2.49	135,71	519,24
2012	9	13	17	37	17.87	35.6877	-121.0807	5930	Inversa	1.76	157,61	1054,45
2012	9	13	20	48	7.14	38.7788	-122.7570	870	Desconocido	1.70	57,55	2051,07
2012	9	14	0	50	52.52	38.7758	-122.7400	1460	Normal	1.72	152,51	1666,35
2012	9	18	9	2	37.74	36.9255	-121.4103	5530	Normal	1.72	352,73	2503,79
2012	9	21	9	54	46.28	37.9695	-122.3558	5740	Desgarre	1.90	301,92	996,58
2012	9	21	11	50	34.96	38.8385	-122.8292	2360	Normal	1.83	355,31	1548,71
2012	9	22	7	22	14.14	37.5088	-118.8683	7280	Desconocido	2.01	227,97	1482,05
2012	9	22	19	15	46.72	38.7752	-122.7197	2510	Normal	2.00	110,75	1577,50
2012	9	24	13	12	25.86	37.4347	-121.7853	6060	Desconocido	1.90	262,01	1198,13
2012	9	24	21	11	17.15	41.1305	-121.6587	4350	Normal	2.71	123,26	1496,94
2012	9	26	1	52	54.01	38.8547	-122.8555	1570	Normal	1.91	224,32	1375,71
2012	9	27	8	5	29.75	39.4480	-123.3083	5720	Desconocido	1.93	31,18	1042,32
2012	9	27	17	47	52.62	38.8200	-122.8013	20	Inversa	2.06	158,64	731,87
2012	9	28	6	17	59.67	38.7895	-122.7357	2110	Normal	2.33	326,67	1796,09
2012	10	1	10	14	8.88	40.0092	-122.0072	16360	Normal	2.32	36,09	1005,14
2012	10	1	18	35	54.16	39.1708	-123.1637	7280	Inversa	2.24	125,69	575,01
2012	10	6	8	12	26.06	34.8775	-120.9767	780	Desgarre	1.85	273,28	796,34
2012	10	6	11	3	17.42	38.8072	-122.7912	1350	Desconocido	1.71	349,33	993,16
2012	10	8	11	56	30.55	37.6428	-119.4025	1660	Inversa	1.90	155,28	522,73
2012	10	8	16	9	31.76	38.2353	-122.1672	9470	Desconocido	3.25	36,98	795,82
2012	10	9	0	16	59.30	36.9268	-121.6620	7320	Desconocido	1.77	263,27	279,12
2012	10	10	20	56	16.07	38.7768	-122.7173	2450	Normal	1.94	115,94	1033,85
2012	10	16	5	8	43.87	37.4758	-118.8422	8430	Normal	2.34	282,19	2054,69
2012	10	18	13	40	33.46	40.7557	-123.9423	23760	Normal	2.13	86,36	1704,08
2012	10	19	9	15	40.26	37.6408	-118.9443	7560	Desconocido	2.65	334,24	1706,23
2012	10	20	9	29	40.10	37.3778	-121.7290	9730	Desconocido	2.09	289,89	447,28

2012	10	22	13	58	21.96	38.7552	-122.7180	1280	Desconocido	2.13	331,99	688,40
2012	10	22	18	47	23.53	39.3962	-123.2813	6680	Normal	2.17	99,07	1006,92
2012	10	22	19	25	7.97	38.8380	-122.7753	2510	Normal	1.67	114,39	1317,45
2012	10	26	1	4	1.20	37.5675	-118.8322	5620	Desconocido	2.07	236,50	1417,45
2012	10	27	7	41	45.03	37.5113	-122.3083	3320	Desconocido	1.97	359,68	236,42
2012	10	29	5	48	41.55	38.8155	-122.7802	2180	Desconocido	2.66	301,28	1850,91
2012	10	30	8	1	0.27	36.6037	-121.2118	8740	Inversa	2.91	186,04	759,03
2012	11	1	18	14	6.44	35.4940	-120.6017	3790	Normal	1.64	277,80	872,97
2012	11	2	5	44	20.89	38.8378	-122.7700	1750	Desconocido	2.08	251,26	1636,92
2012	11	4	9	20	37.37	38.7937	-122.7793	4160	Desconocido	1.78	340,31	924,52
2012	11	5	11	29	45.91	38.7932	-122.7578	4340	Desgarre	1.90	345,96	868,15
2012	11	5	14	3	45.64	38.7755	-122.7462	3050	Desgarre	2.40	45,11	827,27
2012	11	5	16	11	53.43	39.2325	-120.1015	6990	Desconocido	2.19	104,49	865,34
2012	11	7	6	59	54.61	37.3750	-119.0347	9460	Normal	2.84	134,44	533,04
2012	11	9	0	58	38.16	38.8932	-122.9038	2800	Desconocido	1.97	234,51	1094,28
2012	11	10	16	50	20.52	37.6197	-119.0147	5710	Desconocido	2.26	274,09	568,46
2012	11	15	2	11	24.22	40.3280	-123.6840	24360	Desconocido	1.97	172,27	979,93
2012	11	15	4	45	33.46	38.0025	-121.8815	17230	Desconocido	2.02	247,29	2887,06
2012	11	20	13	54	13.93	40.1523	-121.3953	5440	Desconocido	2.00	2,18	535,52
2012	11	21	3	22	48.36	38.7675	-122.7387	1640	Inversa	1.62	186,73	204,65
2012	11	22	4	22	10.53	36.4653	-121.0452	5330	Desconocido	1.99	352,12	348,09
2012	11	22	21	39	22.15	36.0343	-120.6025	5390	Inversa oblicua	1.83	66,82	206,03
2012	11	24	7	9	24.52	38.7583	-122.7222	1120	Normal	1.60	45,89	1584,20
2012	11	26	6	30	10.75	39.3523	-122.1865	27810	Normal oblicua	2.37	352,38	1963,24
2012	11	26	9	16	39.24	36.2067	-120.3177	10770	Inversa	1.78	251,29	858,27
2012	11	28	7	27	46.27	38.7517	-122.7042	1760	Normal	1.80	353,35	2007,41
2012	11	28	23	2	43.50	38.8398	-122.8275	2690	Normal	1.68	98,49	1221,66

2012	12	4	10	53	44.54	38.7782	-122.7280	1840	Normal	1.69	346,94	1286,86
2012	12	4	12	5	8.52	38.8392	-122.8295	2540	Normal	1.85	12,96	1498,57
2012	12	4	14	22	38.55	39.3662	-122.9222	7330	Desconocido	2.13	67,27	685,71
2012	12	6	16	58	24.80	39.3337	-122.8410	10980	Normal oblicua	1.78	75,54	697,27
2012	12	7	1	44	21.75	38.8265	-122.8523	2360	Desconocido	1.67	328,11	978,93
2012	12	7	21	38	59.30	41.2688	-123.4238	39540	Normal	2.75	185,95	986,20
2012	12	11	0	42	47.75	38.8377	-122.7738	2890	Normal	1.79	212,08	1345,17
2012	12	12	3	22	18.11	35.6280	-120.7287	6260	Inversa	2.44	93,47	1482,36
2012	12	18	14	3	39.43	38.7765	-122.7538	1180	Normal oblicua	1.78	49,74	1137,66
2012	12	19	23	39	6.62	35.4573	-120.7432	5950	Inversa	1.67	115,10	414,82
2012	12	20	22	0	19.31	38.8432	-122.8242	2380	Normal	1.70	226,39	793,41
2012	12	21	19	26	12.88	36.2905	-120.4422	12860	Inversa	1.67	301,63	362,66
2012	12	24	2	57	4.98	35.6615	-121.1038	5940	Desconocido	1.76	124,66	557,45
2012	12	26	3	26	27.64	35.8015	-121.3477	5420	Desconocido	2.02	265,83	2320,15